

# LEVYTYÖSOLUN KÄYTETTÄVYYDEN ANALYSOINTI JA PARANTAMINEN

Antti Hakala

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2011

Kone- ja tuotantotekniikka  
Teknologia



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) HAKALA, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 07.04.2011
	Sivumäärä 57 + 6	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi LEVYTYÖSOLUN KÄYTETTÄVYYDEN ANALYSOINTI JA PARANTAMINEN		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) PARVIAINEN, Miiikka		
Toimeksiantaja(t) KOLEHMAINEN, Petri Sovella Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn aiheena oli tutkia ja kehittää Sovella Oy:n levytyösolun käytettävyyttä. Työn tavoitteena oli luoda mahdollisimman laaja toiminnan parantamishjeistus, jota noudattamalla yritys saisi levytyösolun käyttösuhteen paremmalle tasolle. Työssä pyrittiin löytämään solusta ja sen toiminnasta syitä madaltuneeseen käyttöasteeseen ja etsimään ratkaisuja käyttösuhteen parantamiseksi. Lisäksi tutkittiin keinoja yleisen toiminnan kehittämiseksi.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä yrityksen ja levytyösolun toimintaan haastattelemalla henkilöstöä ja tarkkailemalla solun toimintaa. Tiedot koneiden häiriöitä aiheuttavista tekijöistä kerättiin kunnossapito-organisaation vikahistoriatilastoista sekä Arrow MachineTrack -ajankäytön seurantaohjelmasta. Tiedot taulukoitiin koneittain. Taulukoihin kerättiin myös koneiden ajankäyttötiedot, eli listattiin vuoden 2010 kone-, odotus- ja häiriöajat kuukausittain.</p> <p>Levytyösoluun kuuluu kaksi levytyökeskusta, Salvagnini S4 ja Finn-Power SG sekä yksi Salvagnini P4 -taivutusautomaatti. Solun koneiden keskimääräinen käyttösuhde oli 58 % vuonna 2010 ja hieman suurempi aivan työn alussa. Ihanteellisenä tasona käyttösuhteelle voidaan pitää yli 80 % tasoa. Käyttösuhdetta eniten madaltavat syyt olivat koneille tehtävän ennakoivan kunnossapidon puute ja yleinen epäsiisteys. Edellisenä kesänä suoritettu layout muutokseen liittyvä koneiden huolimaton siirto oli myös keskeinen tekijä madaltuneessa käyttösuhteessa.</p> <p>Käyttösuhteen parantamiseksi kullekin koneelle laadittiin omat toimenpide-ehdotuksensa. Finn-Power SG:tä ehdotettiin vaihdettavaksi pian uuteen koneen iän takia. Salvagnini P4:n lukuisat muutosasennuksissa tehdyt virheet suositeltiin korjaamaan. Salvagnini S4:llä käyttösuhde oli jo vakiintumassa 80 % tuntumaan työn lopussa, joten päähuomio tulisi jatkossa kiinnittää tuotannon tehostamiseen käyttösuhteen kehittämisen sijaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) ohutlevyt, metallilevyt, levytyö, konepajateollisuus, taivutus, lävistys, käytettävyys		
Muut tiedot		



Author(s) HAKALA, Antti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 07042011
	Pages 57 + 6	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE DEGREE OF USABILITY OF A SHEET METAL MACHINING CELL		
Degree Programme Mechanical and production engineering		
Tutor(s) PARVIAINEN, Miikka		
Assigned by KOLEHMAINEN, Petri Sovella Oy		
<p>Abstract</p> <p>The subject of this work was to study and develop the load factor of the sheet metal work cell of Sovella Oy. The goal of the work was to create as comprehensive operation improvement instructions as possible. By following these instructions, the company could improve the load factor of the cell to a better level. In addition, other expedients to improve the general operations were investigated.</p> <p>The work was started by getting acquaintance with the operation of the company and the sheet metal work cell by interviewing the personnel and by observing the operation within the cell. After this the data of the factors causing malfunctions was gathered from the fault log of the maintenance organization and from Arrow MachineTrack -program. This data was compiled into a table. The time management data was also compiled into tables by listing the machine-, wait- and malfunction times of year 2010 monthly.</p> <p>The sheet metal work cell consists of Salvagnini S4 and Finn-Power SG sheet metal machining centers and a Salvagnini P4 panel bender. The average load factor of the machines in the cell in year 2010 was 58 % and a little greater in the beginning of the work. A load factor of 80 % or more can be considered as an ideal level for sheet metal machines. The major factors causing the decreased load factor were the absence of anticipatory maintenance and the common uncleanness. The negligence in the layout change done last summer was also an essential cause for the lowered load factor.</p> <p>In order to improve the load factor, machine-specific operation suggestions for each machine were compiled. Finn-Power SG was suggested to be traded in soon. The numerous mistakes committed in the installation of Salvagnini P4 were suggested to be corrected. The load factor of Salvagnini S4 was already flattening out to an adequate level, so the main focus in the future should rather be at improving the machine tooling effectiveness than improving the load factor.</p>		
Keywords sheet metals, metal plates, sheet metal work, engineering industry, bending, punching, load factor		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

1	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	4
1.1	Alkutilanteen esittely.....	4
1.2	Sovella Oy teollisuuskalusteet .....	5
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet .....	7
2	LEVYTYÖKONEET JA NIIDEN KUNNOSSAPITO .....	8
2.1	Levytyökeskus .....	8
2.2	Taivutusautomaatti ja levytyösolu .....	11
2.3	Kunnossapito ja sen vaikutus käyttösuhteeseen ja aikalajeihin .....	14
3	AIKALAJIT JA NIIDEN MITTAAMINEN.....	19
3.1	Terminologiaa .....	19
3.2	Mittausmenetelmät.....	22
4	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS .....	25
4.1	Tutustuminen Sovella Oy:n tuotantojärjestelmään .....	25
4.2	Ajankäytön seuranta- ja vikahistoriatilastojen laadinta .....	25
5	TUTKIMUSTULOKSET .....	26
5.1	Tuotantojärjestelmä, kunnossapito ja käytänteet .....	26
5.2	Asetusajat .....	30
5.3	Kunnossapito.....	31
5.4	Arrow MachineTrack -tilastot ja kunnossapidon vikahistoriatiedot analysointineen.....	32
5.4.1	Salvagnini S4:n tilastot .....	33
5.4.2	S4:n ajankäytön seurantatilastot.....	35
5.4.3	Finn-Power SG:n tilastot .....	37
5.4.4	Ajankäytön seurantatilastot .....	38
5.4.5	Salvagnini P4:n tilastot.....	41
5.4.6	Ajankäytön seurantatilastot .....	42
5.4.7	Koko levytyösolu .....	44
6	KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN .....	47
6.1	Ennakoivan kunnossapidon toteuttaminen jatkossa .....	47
6.2	Finn-Power SG:n käyttösuhteen parantaminen .....	48

6.3	Salvagnini P4:n käyttösuhteen parantaminen .....	49
6.4	Salvagnini S4:n käyttösuhteen parantaminen .....	51
6.5	Yleisiä parannuskohteita.....	52
6.6	Jatkotoimenpideohjeita käytettävyyden ylläpitämiseksi .....	53
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET.....	58
	Liite 1. MachineTrack -tilastot, Salvagnini S4 .....	58
	Liite 2. MachineTrack -tilastot, Salvagnini P4 .....	59
	Liite 3. MachineTrack -tilastot, Finn-Power SG.....	60
	Liite 4. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Salvagnini S4 .....	61
	Liite 5. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Salvagnini P4 .....	62
	Liite 6. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Finn-Power SG.....	63

## KUVIOT

KUVIO 1. Sovellan työpisteitä .....	6
KUVIO 2. Sovella Oy:n maailmanlaajuinen verkosto .....	6
KUVIO 3. Finn-Power SG -levytyökeskus.....	9
KUVIO 4. MultiTool-työkalu .....	10
KUVIO 5. Salvagnini P4 -taivutusautomaatti .....	12
KUVIO 6. Esimerkki taivutusautomaatin työkierrosta .....	13
KUVIO 7. Kunnossapidon eri osa-alueet .....	15
KUVIO 8. Kunnossapidon vaikutus yrityksen kannattavuuteen ja voittoon .....	16
KUVIO 9. Kunnossapidon vaikutukset aikalajeihin .....	18
KUVIO 10. Käyttösuhteen jakautuminen aikalajeihin.....	20
KUVIO 11. NC-koneiden suunnitellun työajan jakautuminen .....	21
KUVIO 12. Manuaalisesti ja automaattisesti (ADC) kerätty vikavälitieto samasta koneistuskeskuksesta 24 kk:n ajalta .....	24
KUVIO 13. Sovellan levytyösolun layout-piirros muutoksen jälkeen.....	28
KUVIO 14. Salvagnini S4:n ajankäytön seurantakuvaaja.....	37
KUVIO 15. Finn-Power SG:n ajankäytön seurantakuvaaja .....	40
KUVIO 16. Salvagnini P4:n ajankäytön seurantakuvaaja .....	44

KUVIO 17. Koko levytyösolun yhdistetty ajankäytön seurantakuvaaja .....	46
---	----

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Salvagnini S4:n ajankäytön seurantatilastot .....	36
TAULUKKO 2. Finn-Power SG:n ajankäytön seurantatilastot.....	39
TAULUKKO 3. Salvagnini P4:n ajankäytön seurantatilastot .....	43
TAULUKKO 4. Levytyösolun yhdistetyt ajankäytön seurantatilastot.....	45

# 1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Alkutilanteen esittely

Tämän opinnäytetyön aihe on jyvaskyläläisen Sovella Oy:n levytyösolun käytettävyyden analysointi ja parantaminen. Sovella Oy on keskisuuri teollisuuskalusteiden valmistaja. Tarve opinnäytetyön suorittamiselle syntyi, kun Sovellalla havaittiin levytyösolun käyttösuhteen heikentyneen edellisenä kesänä suoritettun layout-muutoksen jälkeen.

Samasta aiheesta on tehty useita tutkimuksia, mutta kaikista relevantein on samaan yritykseen, silloiseen GWS Oy:hyn vuonna 1990 tehty insinöörityö, jonka aihe oli levytyölinjan käyttöasteen kohottaminen (Rissanen 1990). Tuosta insinöörityöstä sain hyvän pohjan tämän työn suorittamiselle ja vertailupohjaa yrityksen toiminnan kehittymiselle. Lisäksi Sovella on osallistunut useisiin levytöitä koskeviin tutkimuksiin, kuten Metalliteollisuuden Keskusliiton tutkimukseen ”NC-levytyökoneiden käyttösuhteen parantaminen” (Koukkari 1984).

Rissanen (1990, 30) insinöörityön alkutilanteessa GWS Oy:n levytyölinjan käyttösuhte oli noin 45 %. Työn lopussa käyttösuhte nousi 70 %:n tasolle. Koukkarin (1984, 6) tutkimuksen mukaan levytyökeskusten neljän kuukauden keskimääräinen käyttösuhte oli 53 %. Tutkimukseen osallistui 11 eri yritystä ja yhteensä 17 eri levytyökeskusta. Tutkimus toteutettiin vuonna 1984. Paras käyttösuhte oli 77 % ja huonoin oli 19 %. Särämäyspuristinten keskimääräinen käyttösuhte oli 55 %.

Edellä mainitut tutkimukset olivat tämän opinnäytetyön teon aikana jo yli 20 vuotta vanhoja, joten ne eivät olleet enää kovin käyttökelpoisia. Levytyötekniikka on kehittynyt tuona aikana huomattavasti, eivätkä Sovellalla nykyiset ongelmat johdu samoista syistä kuin edellisen tutkimuksen ongelmat. Näiden syiden vuoksi tutkimus suoritettiin uudelleen, eikä tyydytty vain ratkomaan ongelmia vanhojen tutkimusten avulla.

Tuotantokoneiden käyttösuhteeseen vaikuttavat monet tekijät. Tärkeimpiä ja selkeimpiä näistä ovat koneiden kunnossapito, käyttäjien ja ohjelmoijien osaaminen ja motivaatio, asetusajat, tilauskannan riittävyys kapasiteettiin verrattuna sekä koneiden oikeaoppinen ja tehokas kuormittaminen. Tässä työssä tutkittiin näiden ja muiden tekijöiden vaikutusta solun käyttösuhteeseen.

Opinnäytetyö on onnistuessaan erittäin hyödyllinen toimeksiantajalle, sillä se parantaa yrityksen tuotantoketjun tehokkuutta, tulosta ja yleistä työilmapiiriä koneiden toimintavarmuuden parantuessa. Työ tukee hyvin myös omaa ammatillista kehittymistäni, sillä tämän opinnäytetyön toteutusprosessi vastaa pitkälti valmistuneen koneinsinöörin työnkuvaa. Lisäksi saan paljon tietoa ja osaamista keskisuuren levytyötehtaan toiminnasta ja levytyötekniikoista.

## **1.2 Sovella Oy teollisuuskalusteet**

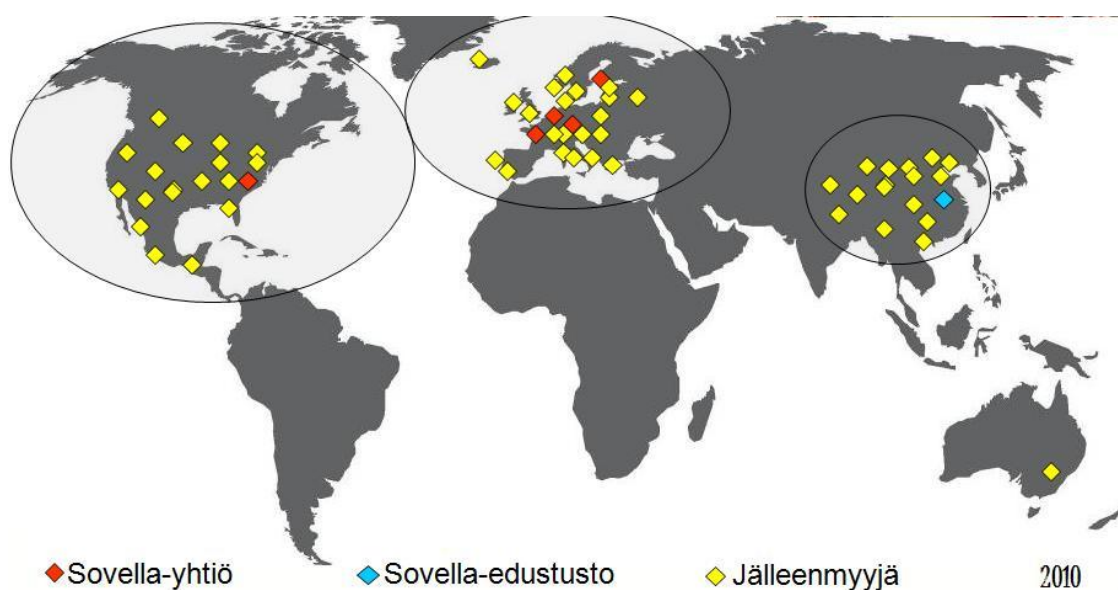
Sovella Oy on Suomen vanhin teollisuuskalusteiden valmistaja. Yritys on aiemmin tunnettu nimellä G. W. Sohlberg Oy, eli lyhennettynä GWS. Yritys on perustettu vuonna 1876. Nimi vaihdettiin Sovellaksi vaiheittain vuosina 2006–2007. Sovellan tuotteisiin kuuluvat ergonomiset, modulaariset ja kovaa käyttöä kestävät työpisteet (ks. kuvio 1), kokoonpanoradat, läpivirtaushyllyt sekä kodin säilytysratkaisut, eli Sovella@home-tuoteperhe. Sovellan suunnittelu- ja tuotantolaitokset sijaitsevat Jyväskylässä, Keski-Suomessa. Päämarkkina-alueisiin lukeutuvat Pohjois-Amerikka, Kiina ja Eurooppa, josta erityisesti Skandinavia ja Baltia (ks. kuvio 2). Asiakkaita on teollisuuden aloilta laidasta laitaan, elektroniikkateollisuudesta puolustusteollisuuteen. (Sovella yritysesittely 2010.)





KUVIO 1. Sovellan työpisteitä (Sovella yritysesittely 2010)

Jyväskylän tehdas sijaitsee Keljonkankaan kaupunginosan keskustan tuntumassa. Sovella työllistää noin 140 henkilöä, joista 25 työskentelee ulkomailla. Liikevaihto oli vuonna 2009 noin 18 M€. Viennin osuus liikevaihdosta oli 65 %. Tuotannossa kulutetaan vuodessa noin 5 000 tonnia teräslevyä, 200 kilometriä putkea sekä 100 tonnia pulverimaalia. (Mt.)



KUVIO 2. Sovella Oy:n maailmanlaajuinen verkosto (Sovella yritysesittely 2010)

Sovellan ydinosaminen on ohutlevyjen taivuttaminen ja lävistäminen. Alihankintaa pyritään välttämään oman osaamisen ja omaan tuotantoon modifioitujen koneiden takia. Suuri osa Sovellan tuotteista tehdään ”käsityönä”, eli juuri levytyösolun alhaisen käyttösuhteen takia tuotteita joudutaan valmistamaan manuaalikoneilla. Mahdollista kapasiteettipulaa voidaan lieventää alihankinnalla tilanteen vaatiessa. (Kolehmainen 2011.)

Sovellalla on laadunhallintajärjestelmänä sertifioitu ISO 9001:2000. Yrityksellä ei ole ympäristösertifikaattia tai ympäristöhallintajärjestelmää. (Mt.)

Maailmantalouden heikentyminen vuosina 2009–2010 pudotti Sovellan liikevaihtoa noin kolmanneksen. Yritys pystyi selviämään lamasta irtisanomatta yhtään tuotannon työntekijää, mutta onnistui tekemään samalla voittoa kaikesta huolimatta. Joitakin toimihenkilöitä jouduttiin irtisanomaan ja osa tuotannon henkilöstöstä lomautettiin. Nyt yritys on uudelleen kasvattamassa tulostaan, ja pystyy todennäköisesti pian investoimaan tuotannon laajentamiseen. (Mt.)

Treston Oy, joka on suomalainen, kansainvälisille markkinoille suuntautunut teollisuuskalusteiden valmistaja, osti koko Sovellan osakekannan opinnäytetyön teon aikana. Treston muistuttaa tuotteiltaan ja kooltaan hyvin paljon Sovellaa. Selkeimpänä erona on Trestonin markkinoiden painottuminen kevyempien, alumiinisten kalusteiden valmistamiseen esimerkiksi elektroniikkateollisuudelle Sovellan keskittyessä hieman raskastekoisempien kalusteiden valmistamiseen. (Mt.)

### **1.3 Opinnäytetyön tavoitteet**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Sovella Oy:n levytyösolun toimintaa, ja laatia tutkimustulosten perusteella ohjeet levytyösolun käyttösuhteen parantamiseksi. Toimeksiantaja painotti aikataulun kiireellisyyttä, sillä matala käyttösuhte merkitsee yritykselle suuria menetettyjä tuloja. Näin ollen työn tavoitteeksi ei voitu asettaa mitään kvantitatiivista tulosta, esimerkiksi tietyn käyttösuhteen saavuttamista. Toimeksiantajan kanssa sovittiin, että aikataulun rajoissa pyritään löytämään mahdolli-

simman paljon keinoja, joilla solun käyttösuhdetta voidaan parantaa. Aikaa työn toteuttamiselle annettiin noin yhdeksän viikkoa. Näin lyhyessä ajassa työn tulokset eivät todennäköisesti ehtisi näkymään parantuneessa käyttösuhteessa.

Tämän opinnäytetyön konkreettisena tuloksena syntyi siis yrityksen toiminnan kehittämisohjeistus, jota noudattamalla Sovella Oy voi parantaa levytyösolunsa käyttösuhdetta. Lisäksi työn lopussa esitetään ajatuksia käyttösuhteen ylläpitämiseksi jatkossa (ks. luku 5.6).

## **2 LEVYTYÖKONEET JA NIIDEN KUNNOSSAPITO**

### **2.1 Levytyökeskus**

Levytyökeskus on kone, jolla työstetään ohutlevykappaleita esimerkiksi lävistämällä, leikkaamalla ja nakertamalla (ks. kuvio 3). Lävistysasema, jossa työkalut sijaitsevat, pysyy paikallaan, ja levyä siirrellään manipulaattorilla. Työstö- ja paikoitusliikkeitä ohjataan numeerisesti. Työstää voidaan joko lävistämällä haluttu reikä yhdellä iskulla, jolloin pistintyökalu on valmiin reiän kokoinen ulkohalkaisijaltaan, tai useilla peräkkäisillä työiskuilla. Viimeksi mainittua kutsutaan nakertamiseksi tai aukotukseksi. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 38–40.)

Levytyökeskukset voivat olla runkorakenteeltaan joko C-, kaksois-C-, J- tai O-runkoisia. Käyttövoima voidaan tuottaa joko hydraulisesti tai mekaanisesti. Hydraulisisissa levytyökeskuksissa puristusvoima tuotetaan pumppaamalla öljyä hydraulisylintereihin ja mekaanisissa voima tuotetaan epäkeskopuristimella. Mekaaniset koneet ovat nykyään todella harvinaisia hitautensa ja epätarkkuutensa vuoksi. (Töyrä 1988, 5–8.) Nykyaikana käytetään myös servokäyttöisiä levytyökeskuksia, joissa lävistysvoima tuotetaan servomootoreilla. Servokäyttöinen levytyökeskus on hydraulista levytyökeskusta tarkempi ja energiatehokkaampi, mutta puristusvoima on pienempi.

Levytyökeskusten puristusvoimat ovat 150–600 kN:n luokkaa. Työstettävien levyjen paksuudet vaihtelevat 0,5 ja 12 millimetrin välillä. Työkalut vaihtuvat työstöohjelman

mukaan automaattisesti, ja vaihto voidaan tehdä joko revolveri-, kasetti-, makasiini- tai robottijärjestelmällä. Revolverijärjestelmä on kaikkein yleisin työkalujärjestelmä. Koneisiin voidaan liittää myös erilaisia lisälaitteita, muun muassa portaalipanostaja, automaattivarasto, laserleikkain tai kierteitysyksikkö. Lisälaitteilla saavutetaan pidempi miehittämättömän käytön jakso. (Mts. 5–8.)



KUVIO 3. Finn-Power SG -levytyökeskus (Shear Genius SG n.d., muokattu)

Manipulaattorissa on useita kynsiä, jotka tarraavat levyn reunasta kiinni levyä työstettäessä ja liikuteltaessa. Aluetta, jolta kynnet ottavat kiinni, kutsutaan katvealueeksi, koska työstöä ei voida suorittaa kynsien alueelta. Kynnet ovat joissakin koneissa pakenevat, eli numeerinen ohjaus vapauttaa ja siirtää kynsiä työstöohjelman mukaan. (Aaltonen ym. 1997, 39.)

Levytyökeskuksissa käytettävät työkalut koostuvat pistimestä, irrottimesta ja tyynystä. Suuri osa levyihin lävistettävistä muodoista voidaan tehdä standardimuotoisilla työkaluilla, joita ovat pyöreät, soikeat, neliömäiset, suorakaide, D- ja kaksois-D -tyyppiset työkalut. Lisäksi koneissa voidaan käyttää lukematonta määrää erilaisia erikoismuotoisia työkaluja. Erikoistyökalujen valmistaminen tai hankkiminen tulee

kuitenkin kannattavaksi vasta suurilla valmistusmäärillä, sillä työkalut ovat erittäin kalliita. Joissakin tapauksissa myös muovaavien työkalujen käyttö on mahdollista, jos halutaan saada levy valmiiksi yhdellä kiinnityksellä. (Töyrä 1988, 10.)

Ylimääräisiä työkaluja sekä kääntö- ja paikoitusliikkeitä voidaan vähentää merkittävästi käyttämällä index-työkaluiksi kutsuttuja kääntyviä työkaluja. Kääntöjä ohjataan numeerisesti ohjelman perusteella. Kääntäminen mahdollistaa myös monimutkaisten muotojen tekemisen halvemmilla perustyökaluilla. (Mts. 15.) Työkalumäärää voidaan rajoittaa myös MultiTool-työkaluilla (ks. kuvio 4), eli monityökalupäillä. Tässä työkalumallissa on useita erilaisia pistimiä ja niitä vastaavia tyynyjä samassa työkalussa, mutta pistinten koko ei voi olla kovin suuri. Työkalulla eliminoidaan työkalun vaihtoon kuluva aika. (Punching through complacency to win a bid 2007.)



KUVIO 4. MultiTool-työkalu (Punching through complacency to win a bid 2007)

Lävistystyössä käytettävät työkalut kuluvat ja tylsyvät käytössä. Koneen toiminnan ja virheettömien tuotteiden kannalta on ensiarvoisen tärkeää huoltaa työkalut säännöllisesti ja riittävän ajoissa. Työkalut kestävät kymmeniä tuhansia iskuja teroitusten välillä (Aaltonen ym. 1997, 40). Tylsyneet työkalut aiheuttavat muun muassa jäysteiden jäämistä levyyn, pistimen juuttumista sekä naarmuja leikkuualueella. (Töyrä 1988, 10–12.)

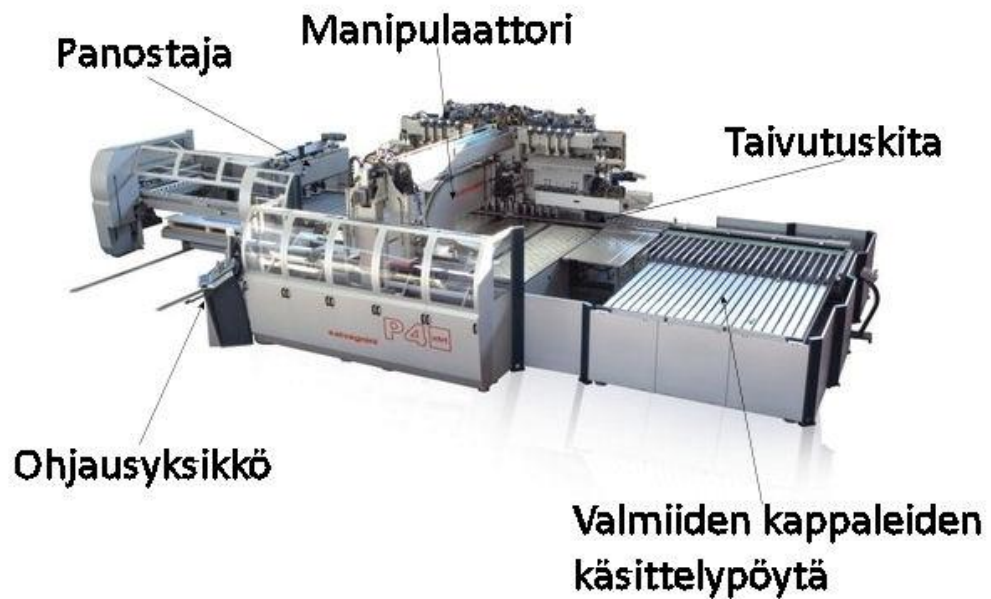
Levytyökeskuksella koneen valmistelutöihin kuuluvat Töyrän (1988, 32) mukaan seuraavat toimenpiteet:

- *Valmiiden kappaleiden siirto pois koneelta*
- *uusien aihoiden tuonti koneelle*
- *työkalujen esiasetus*
- *työkalujen asetus koneeseen*
- *levynpitimien siirto oikeaan työasemaan*
- *tarvittaessa koneen ajo referenssipisteeseen*
- *ohjelman syöttö koneen muistiin*
- *ensimmäisen kappaleen koeajo ja tarkastus.*

Asetusaikoja voidaan lyhentää monilla eri tavoilla. Mitä suurempi osa yllä mainituista toimenpiteistä voidaan suorittaa ennen edellisen erän loppumista koneen ollessa vielä automaattiajolla, sitä lyhyemmät ovat asetusajat. Lisäksi töiden kuormittaminen siten, että ylimääräisiä aihiotyyppien tai työkalujen vaihtoja vältetään, lyhentää asetusajoja. Tehokkaalla asetustyön ohjeistamisella ja standardisoinnilla saavutetaan myös säästöä ajassa. (Mts. 32.)

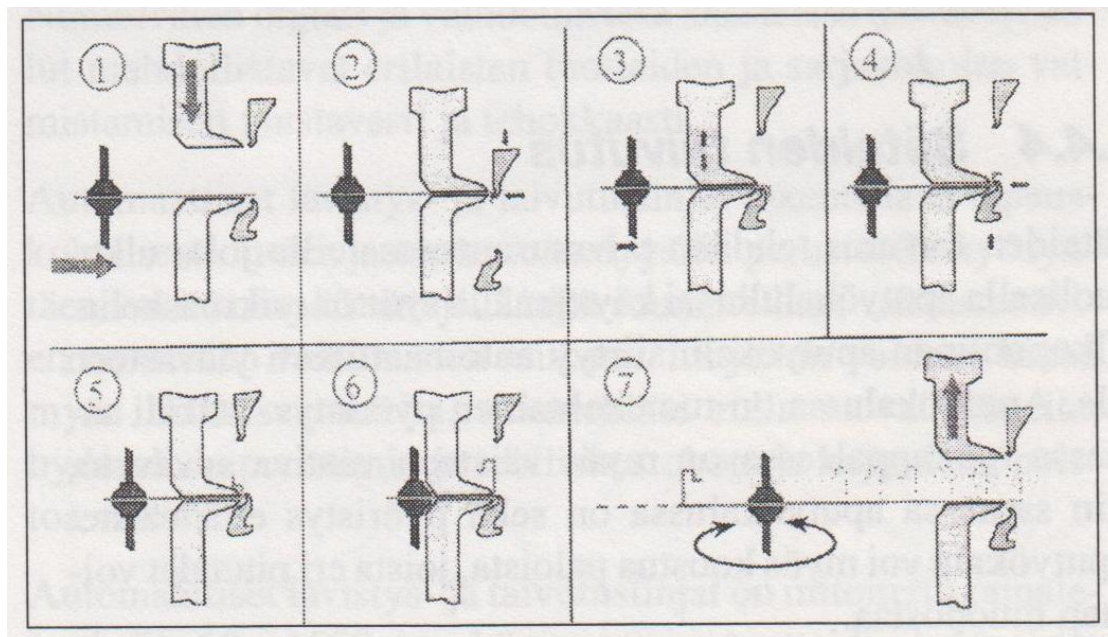
## **2.2 Taivutusautomaatti ja levytyösolu**

Taivutusautomaatti on numeerisesti ohjattu ohutlevyjen taivuttamiseen tarkoitettu kone (ks. kuvio 5). Levyyn tehdään taivutuksia asettamalla levy kiinnittimiin tai painimeen ja taivuttamalla vapaa pää työkalujen leukojen avulla haluttuun taiveeseen (ks. kuvio 6). Viivainkiskojen määrä ja muoto määrittelevät taivutuksen muodot. (Aaltonen ym. 1997, 51–53.)



KUVIO 5. Salvagnini P4 -taivutusautomaatti (Salvagnini P4X n.d., muokattu)

Taivutusautomaatti on sarjatuotantoon tarkoitettu levytyökone, joka on tehokkaimmillaan taivutettaessa sellaisia kappaleita, joissa on useita taivutuksia sekä ylös- että alaspäin useilla eri sivuilla. Tehokas käyttö edellyttää myös tuotesuunnittelijoiden tuntemuksen koneen tarjoamista mahdollisuuksista ja rajoituksista. Koneessa työkalun vaihtotyö on yleensä automatisoitu, ja työstöarvot ladataan ohjelmasta. Kone sopii hyvin myös suurten levyjen taivuttamiseen silloin, kun taivutuksen korkeus on pieni levyn pinta-alaan nähden. Taivutusautomaatilla voidaan korvata muun muassa manuaalisia taivutuskoneita, särmäyspuristimia ja rullamuovauslinjoja. (Mäki-Mantila 2001, 17.)



KUVIO 6. Esimerkki taivutusautomaatin työkierrosta (Mäki-Mantila 2001,17)

Työstettävän levyn paikoitusliikkeet tehdään taivutusautomaatissa manipulaattori-rotaattorilla. Se on koneen keskellä oleva C-runkoinen palkki, jossa on ylä- ja alatarttut. Manipulaattori voi liikutella levyä kohti taivutuskita ja poispäin siitä sekä pyörittää levyä paikoillaan. Itse taivutusliikkeen tekevät taivutusterät levyn ollessa ylä- ja alavasteen väliin puristettuna. (Mts. 17.)

Koneeseen voidaan myös lisätä useita monipuolisuutta ja automaatiota lisääviä laitteita, kuten nivelvarsirobotti valmiiden kappaleiden purkamiseen pöydältä, ulkopuolisia aputyökaluja monimutkaisten taivutusten tekoon, leikkausoptio aihion paloittelua varten sekä aputeräoptio, jolla saadaan taivutettua vain osa levyaihion reunasta. Lisävarusteilla on myös mahdollista taivuttaa pyöreitä muotoja suhteellisen nopeasti. (Mts. 18.)

Levytyösolulla tarkoitetaan yhden osan tai osaperheen valmistamiseen tarkoitettua pientä valmistusyksikköä, jossa useat työvaiheet yhdistyvät yhdeksi. Soluun voi kuulua useita erilaisia työstökoneita ja useita työntekijöitä. Yleensä solun jokainen työntekijä osaa tehdä kaikkia solussa tehtäviä töitä ja työntekijöitä on vähemmän kuin työstökoneita. Työntekijät suorittavat tehtävien vaihdot itsenäisesti ja spontaanisti.

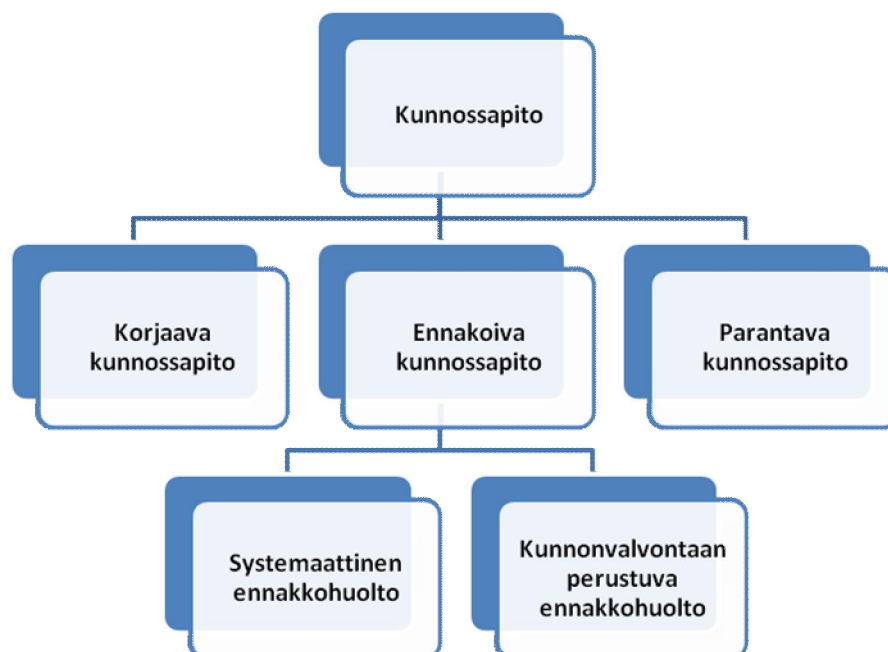


Tämä tasoittaa solun sisäistä kuormaa. Solussa pyritään tilanteeseen, jossa yksi valmistettava osa saataisiin mahdollisimman valmiiksi yhdellä impulssilla. Pyrittäessä solun korkeaan käyttösuhteeseen, on kaikkien solun koneiden oltava suhteellisen tasaisesti kuormitettuja ja toimintavarmoja. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 85–87.)

## **2.3 Kunnossapito ja sen vaikutus käyttösuhteeseen ja aikalajeihin**

Kunnossapito tarkoittaa kaikkia sellaisia toimenpiteitä, joilla laitteet pidetään toimintakunnossa tai palautetaan toimintakuntoisiksi. Nykyaikana jatkuvasti tehokkaampien tuotantojärjestelmien yleistyessä ja vuotuisten käyttötuntimäärien kasvaessa on kunnossapidon merkitys kasvanut jatkuvasti. Tuotantojärjestelmillä ja toimitusketjuilla ei ole tiukkojen aikataulujen puitteissa varaa pitkiin häiriöjaksoihin. Oman tuotantojärjestelmän ylläpidon lisäksi kaikkien tuotantoketjun lenkkien, esimerkiksi alihankkijoiden tuotantovarmuuden, on oltava riittävällä tasolla, jotta toimitukset olisivat ajallaan. (Lapinleimu ym. 1997, 360–365.)

Kunnossapito voidaan Lapinleimun ja muiden (1997, 365) mukaan jakaa kolmeen alalajiin: korjaava, ennakoiva ja parantava kunnossapito (ks. kuvio 7). Korjaavassa kunnossapidossa korjataan äkillisiä ja suunnittelemattomia häiriöitä koneissa. Ennakoiva kunnossapito tarkoittaa koneiden vikojen ennaltaehkäisyä ja havainnointia ennen kuin tuotanto katkeaa suunnittelemattomasti häiriöiden takia. Parantavan kunnossapidon tarkoitus on parantaa koneen toimintavarmuutta muuttamalla sen ominaisuuksia alkuperäistä varmemmiksi.



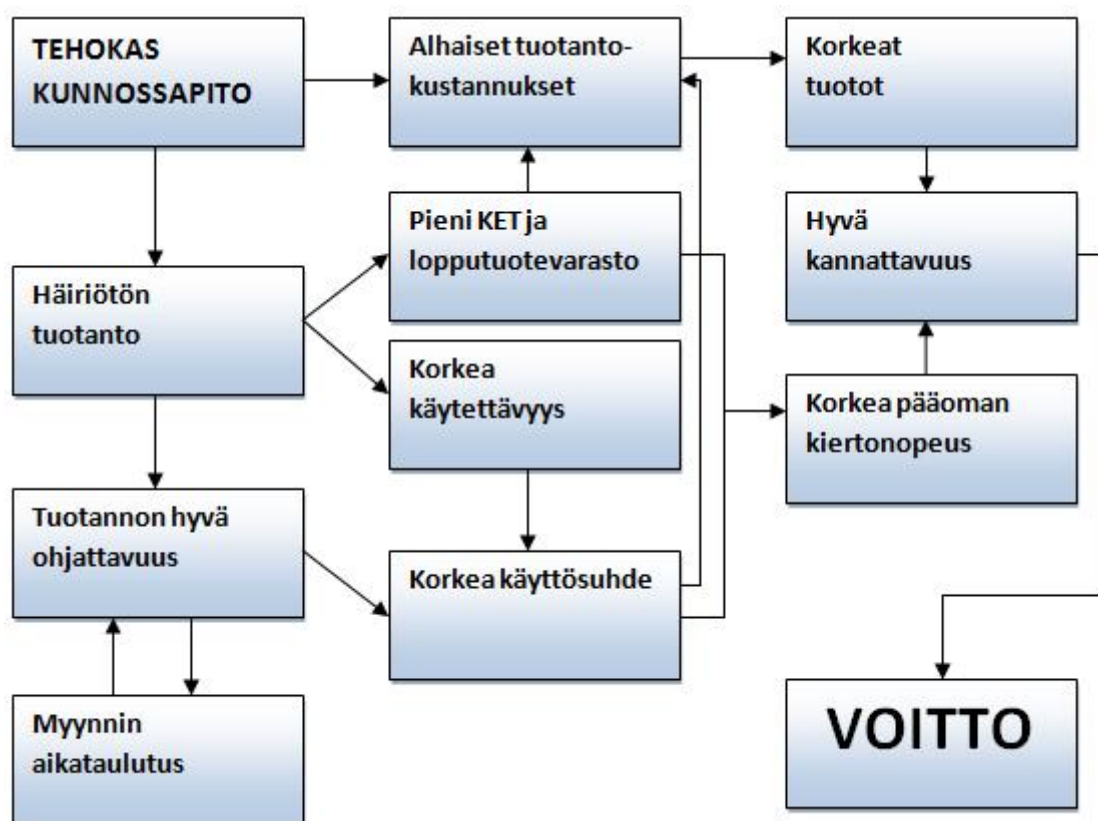
KUVIO 7. Kunnossapidon eri osa-alueet (Lapinleimu ym. 1997, 366, muokattu)

Ennakoiva kunnossapito voi olla joko systemaattista tai kunnonvalvontaan perustuvaa. Ennakoivaa kunnossapitoa voidaan siis tehdä myös havaintojen perusteella. Havainnointi ei ole pelkästään kunnossapito-organisaation vastuulla, vaan kunnossapidon tarve voi ilmetä esimerkiksi työstönvalvontaohjelmista, koneiden käyttäjien havainnoista ja mittauksista sekä työstökoneen monitoroinnista. (Mts. 365–366.)

Kun katkeamatonta tuotantoketjua pidennetään lisäämällä koneiden automaatiota ja uusia laitteita, ketjun herkkyys häiriöille kasvaa. Herkkyys johtuu ketjun katkeamisen kriittisyydestä, eli yhden ketjun osan toiminnan häiriintyessä koko ketjun toiminta pysähtyy tai hidastuu. Yksi suurista puutteista tuotantoketjujen toiminnassa on häiriöiden riittämätön dokumentointi. Jos tämä tehtäisiin kunnolla, voitaisiin yksittäisten vikojen toistuvan korjaamisen sijaan tutkia häiriöiden juurisyitä paremmin. Syiden tutkimisen kautta pystyttäisiin löytämään vikojen aiheuttajat. (Mts. 361.)

Tuotannon toiminnan perustana on tuotantokaluston esteetön käyttö sille suunnitelluna työaikana. Systemaattinen ennakkohuolto ehkäisee häiriöitä ja varmentaa halutun käytettävyyden saavuttamisen. Korjaava kunnossapito palauttaa koneet toimintakuntoon, mutta koneiden vikaantuminen (vrt. korjaavan kunnossapidon tarpeen

syntyminen) heikentää tuotannon käyttösuhdetta. Kunnonvalvontaan perustuva ennakko-  
huolto on käyttösuhteen ylläpitämiseksi erittäin tehokas, mutta kallis mene-  
telmä. Kuluvien osien käytön suhteen korjaava kunnossapito on kustannustehokkain  
menetelmä, eli osat vaihdetaan vasta niiden vikaannuttua. Systemaattisessa ennak-  
kohuollossa toimivat osat pitää vaihtaa ennen häiriön syntymistä, mutta häiriötilan-  
teen välttäminen merkitsee parempaa tilanteen hallintaa ja korkeampaa käyttösuh-  
detta. (Mts. 366.)



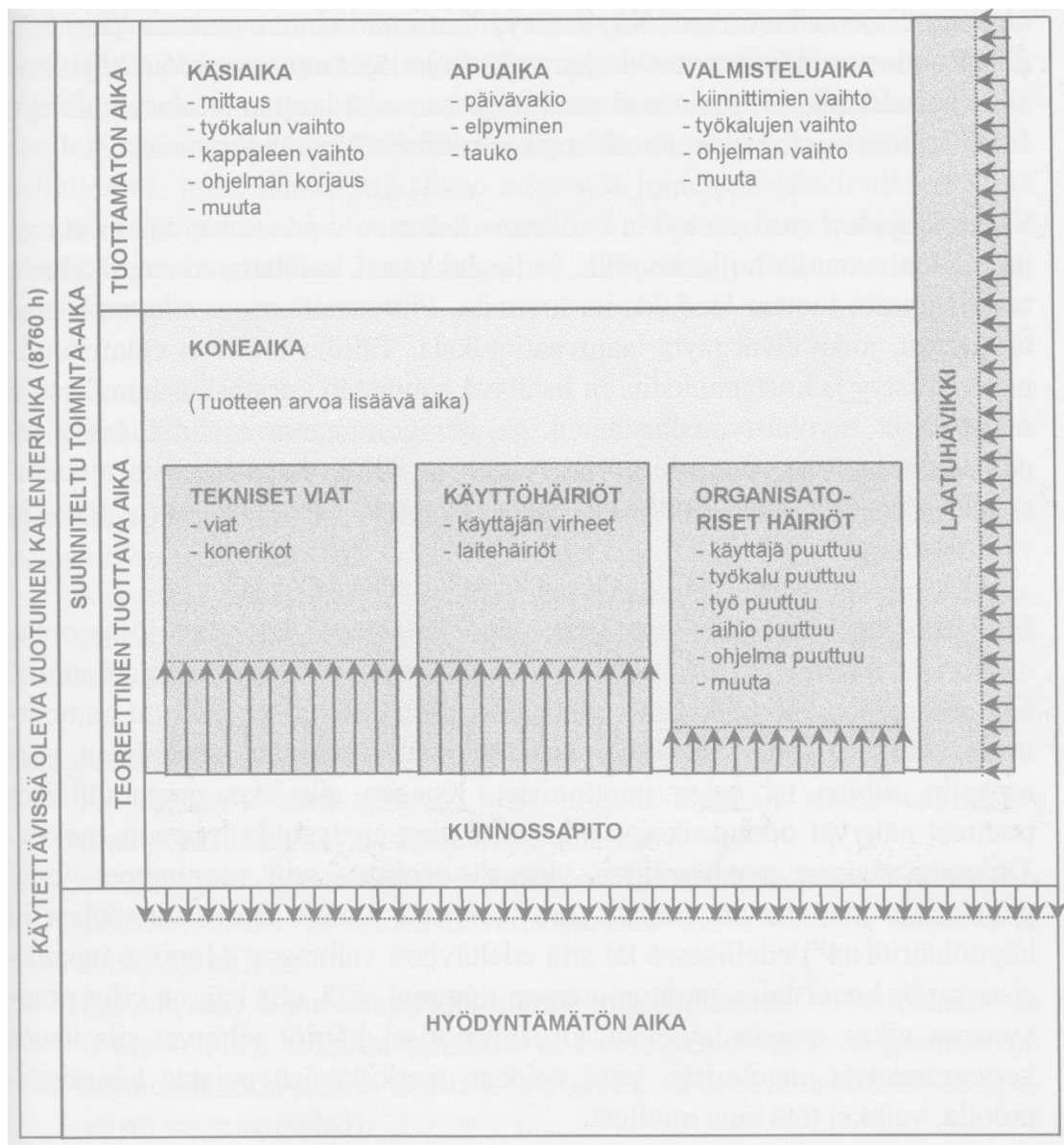
KUVIO 8. Kunnossapidon vaikutus yrityksen kannattavuuteen ja voittoon (Lapinleimu ym. 1997, 361, muokattu)

Kunnossapito mielletään usein ylimääräiseksi kustannukseksi ja tuotantoketjun tuot-  
tavaa aikaa vähentäväksi ajaksi, mutta todellisuudessa se parantaa kilpailukykyä ja  
kannattavuutta odottamattomien häiriöiden vähentyessä (Mts. 361–363). Toisin sa-  
nottuna kunnossapitotoimenpiteet on helppo ennustaa tuotannon kuormituksessa,  
mutta heikosta kunnossapidosta aiheutuvat odottamattomat häiriöt eivät. Kuviossa 8

konkretisoituu tehokkaan kunnossapidon vaikutus yrityksen kannattavuuteen ja voittoon. Koneiden toimiessa häiriöttömästi, pysyvät käytettävyyks ja käyttösuhte korkeina, tuotantokustannukset matalina ja ohjattavuus hyvänä. Tätä kautta tuotot ovat korkeat, keskeneräisen tuotannon määrä pieni ja pääoma kiertää nopeasti, mikä johtaa hyvään kannattavuuteen ja sitä kautta voittoon. (Mts. 361.)

Tuotannon toiminnan epävarmuus ja kapasiteetin epätasaisuus tulisi pitää mahdollisimman matalana. Kuvio 9 kuvaa kunnossapidon vaikutusta aikalajeihin. Kunnossapito ei vaikuta suoraan koneen tuottamattoman ajan osuuteen, mutta esimerkiksi huonosti huolletut työkalut saattavat madaltaa käyttösuhdetta. Tuottavan ajan määrä on suoraan riippuvainen kunnossapidosta. Hyvin huolletut koneet ovat aina kuorituksessa tehtyjen suunnitelmien mukaan tuotannon käytettävissä tuotannolle tarkoitettuna aikana. Hyväkuntoiset koneet tuottavat myös suuremmalla todennäköisyydellä hyvää laatua. Epäkuranttiudesta johtuva tuotehävikki ja korkeat korjauskustannukset madaltavat tuotannon kannattavuutta. (Mts. 363–364.)

Teknisten häiriöiden aiheutuminen huonosta kunnossapidosta on itsestään selvää, mutta myös organisatoriset häiriöt voivat johtua ketjuuntuneista vioista. Esimerkiksi tilastoissa koneella A oleva odotusaika saattaa Lapinleimun ja muiden (1997, 364) mukaan johtua siitä, että koneen käyttäjä on korjaamassa koneen B teknistä vikaa, jolloin kone A ei voi aloittaa seuraavan erän valmistamista käyttäjän puuttumisen takia.



KUVIO 9. Kunnossapidon vaikutukset aikalajeihin (Lapinleimu ym. 1997, 363)

Levytyökoneiden päivittäishuollot ovat yleensä koneenkäyttäjän vastuulla. Huoltojen tarkoituksena on johteiden ja laakereiden voitelun lisäksi saada havaintoja koneen vioista ennen koneen toiminnan häiriintymistä näiden vikojen takia. Esimerkiksi öljyvuodot voidaan havaita päivittäishuollon yhteydessä. Käyttäjä korjaa havaitsemansa pienet viat itsenäisesti ja välittömästi, jos osaa. Levyjätteiden poistaminen liikkuvien osien tieltä sekä koneen kriittisten osien siivoaminen kuuluvat myös päivittäishuollon rutiineihin. Jos koneen alusta on öljyinen, on uusien öljyvuotojen havaitseminen huomattavan vaikeaa. (Töyrä 1988, 33.)

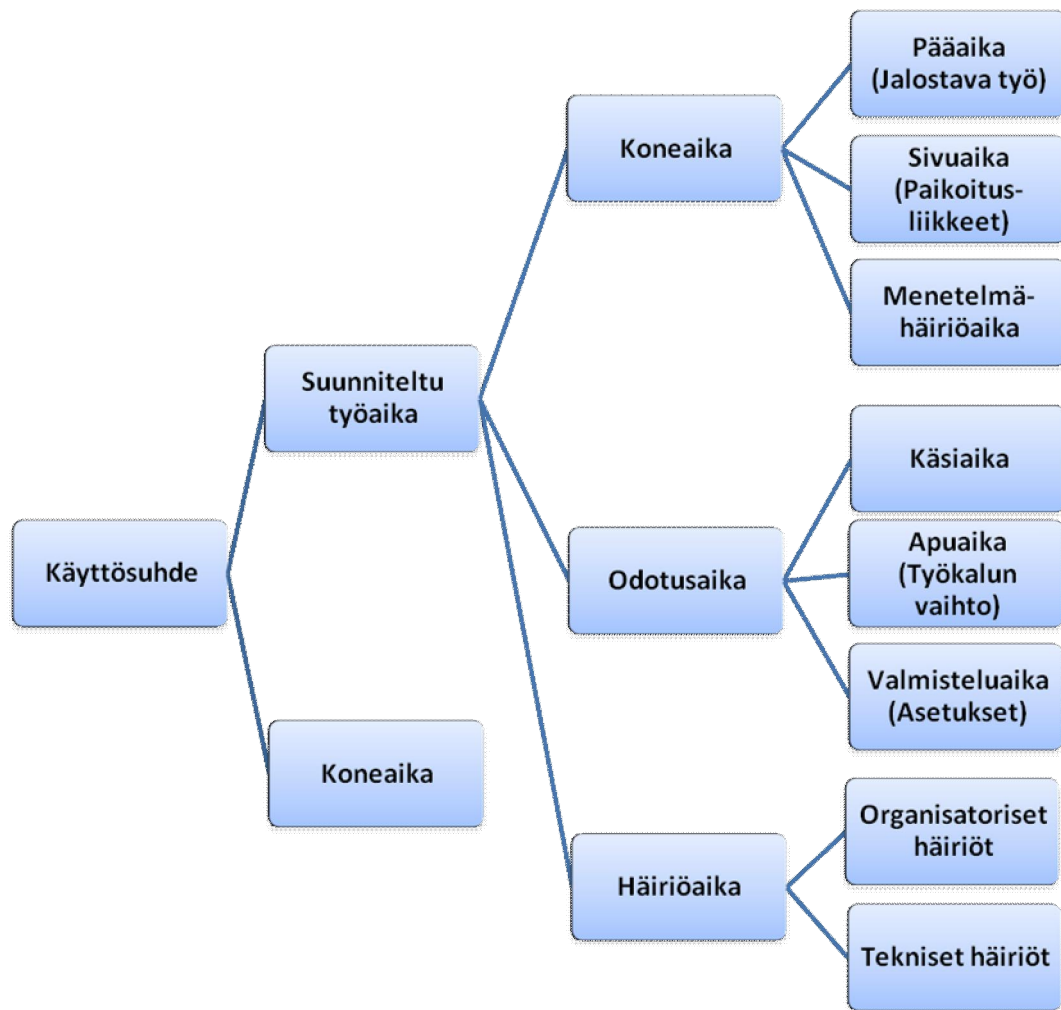
## 3 AIKALAJIT JA NIIDEN MITTAAMINEN

### 3.1 Terminologiaa

Koneajalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä sitä aikaa, jonka kone on automaattijolla. Toisin sanottuna koneaikaa on työstöohjelman käynnistämisen ja sen keskeytymisen välinen aika. Työstön loppuminen voi johtua esimerkiksi käyttäjän tekemästä keskeytyksestä, erän valmistumisesta, aihoiden loppumisesta, koneen vikaantumisesta tai jonkin turvalaitteen toiminnasta. Koukkarin (1984, 3) mukaan levytyökeskuksilla koneaikaa ovat levyn paikoitusliikkeet, työstöliikkeet, automaattiset työkalunvaihdot sekä levyn vaihtoaika, jos panostus ja valmiiden tuotteiden purku on automaattista.

Odotusajalla tarkoitetaan tässä työssä sitä aikaa, jolloin kone on toimintakuntoinen, mutta ei suorita työstöä. Odotusajaksi voidaan laskea esimerkiksi asetusten tekoon kuluva aika, työstettyjen tuotteiden tarkastamisaika ja aika, jona koneelle ei ole osoitettu töitä. Häiriöajalla tarkoitetaan tässä työssä aikaa, jolloin kone ei ole toimintakuntoinen tai koneeseen tehdään määräaikaishuoltoja.

Edellä mainitut aikalajit voidaan jaotella vielä pienempiin osiin (ks. kuvio 10). Koneaika voidaan jakaa pää- ja sivuaikoihin sekä menetelmähäiriöaikaan. Pääaika tarkoittaa jalostavaa työtä, eli aikaa, jolloin kone tekee työstöliikkeitä. Sivuaika tarkoittaa koneen muita automaattisia liikkeitä, esimerkiksi aihion vaihtoa ja levyn siirtelyä lävisäysaseman alueella. Menetelmähäiriöaika tarkoittaa sellaisia häiriöitä, jotka johtuvat työstettävän kappaleen ominaisuuksista. Esimerkiksi reikälevyn valmistuksessa luke-mattomien pienten reikien työstö kuluttaa ja kuumentaa työkaluja, mikä johtaa joskus työkalujen rikkoontumiseen.

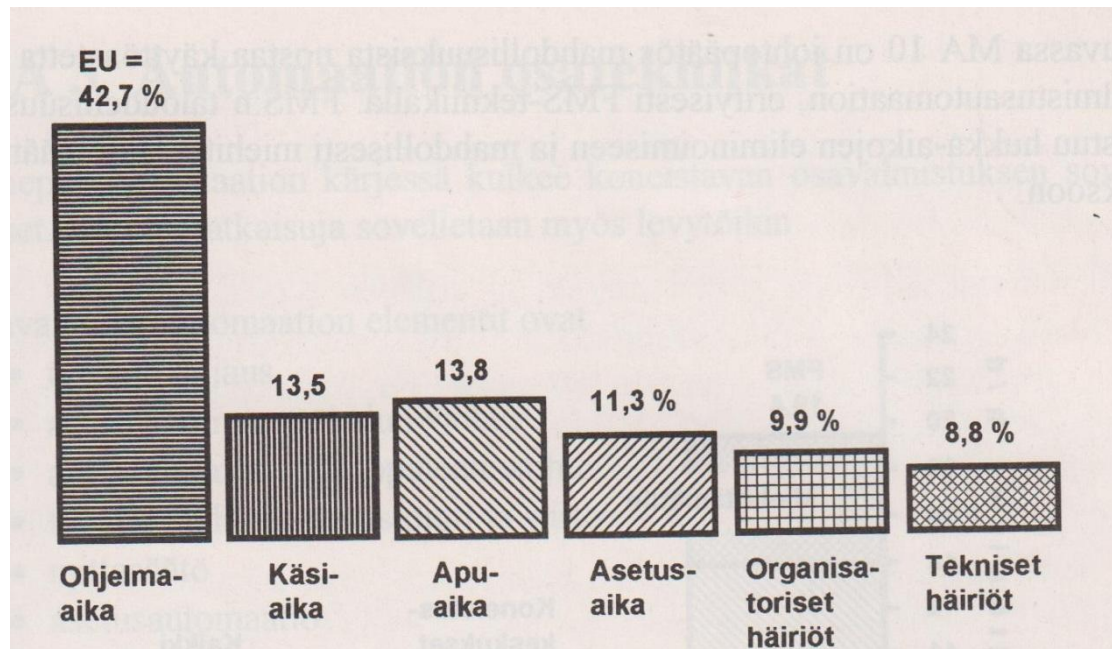


KUVIO 10. Käyttösuhteen jakautuminen aikalajeihin, suluissa toimenpide-esimerkki

Odotusaika voidaan jakaa käsi-, valmistelu-, ja apuajaksi. Käsiajaksi lasketaan kaikki työstön aikana toteutettavat manuaaliset toimenpiteet, esimerkiksi aihiolavan siirtokelkan ohjaaminen portaalipanostajan käsittelyalueelle. Valmisteluajalla tarkoitetaan sellaisia toimenpiteitä, jotka ovat eräkohtaisia ja välttämättömiä erän valmistamiseksi. Apuaikaa ovat satunnaiset, valmistuksen kannalta välttämättömät toimenpiteet, kuten kuluneiden työkalujen vaihto. Kuviossa 11 on NC-koneiden keskimääräinen suunnitellun työajan jakautuminen eräässä suomalaisessa tutkimuksessa.

Häiriöt voidaan jakaa organisatorisiin ja teknisiin häiriöihin. Organisatoriset häiriöt ovat organisaation huonosta toiminnasta johtuvia häiriöitä. Esimerkiksi koneen käyt-

täjän tai työkalun puute lasketaan organisatoriseksi häiriöksi. Tekniseksi häiriöksi lasketaan konerikkojen lisäksi ennakoivaan kunnossapitoon kuluva aika.



KUVIO 11. NC-koneiden suunnitellun työajan jakautuminen (Lapinleimu ym. 1997, 139)

Käyttösuhteella tarkoitetaan koneajan suhdetta suunniteltuun työaikaan. Suunniteltu työaika on kaksivuorotyössä noin 3 500 tuntia vuodessa. Teoriassa vuotuinen suunniteltu työaika on katkeamattomassa kolmivuorotyössä 8 760 tuntia. Käyttösuhde kuvaa koneen käytön tehokkuutta prosentteina siitä työajasta, jona koneelle on kuormituksessa osoitettu töitä. Käyttösuhdetta ei voida yksinään käyttää mittaamaan työstökoneen tuottavuutta. (Koukkari 1984, 2–4.)

Käytettävyys lasketaan kaavalla:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}, \text{ jossa}$$

MTBF = Mean Time Between Failures

MTTR = Mean Time To Repair



Kaavan termi MTBF tarkoittaa keskimääräistä vikaväliä. MTTR tarkoittaa keskimääräistä vian korjausaikaa. Käytettävyydellä tarkoitetaan siis koneen tai laitteen toimintakuntoisuuden osuutta koko työajasta. (Reliability and Availability Basics n.d.)

Käyttösuhteesta puhuttaessa voidaan käyttää myös termiä käyttöaste. Nämä termit tarkoittavat kuitenkin lähes samaa asiaa, eikä niiden sekoittaminen ole vaarallista. Käyttösuhde kuvaa sanana paremmin koneen toimintakuntoisuuden suhdetta koko työaikaan, kun taas käyttöaste kuvaa käyttöä enemmän kapasiteetin ja tuottavuuden näkökulmasta. Tässä opinnäytetyössä käytetään ainoastaan termiä käyttösuhde.

### **3.2 Mittausmenetelmät**

Levytyökeskuksen ja taivutusautomaatin ajankäyttöä voidaan seurata monilla eri tavoilla. Näitä tapoja ovat esimerkiksi manuaalinen kirjanpito, työntutkimustekniikat sekä ajanrekisteröintilaitteet. Nykyään on yleensä tehokkainta tutkia ajankäyttöä tietokoneella erilaisilla seurantaohjelmistoilla, jotka on kytketty NC-koneisiin. (Mts. 4.) Joskus tarkentavat manuaaliset mittaukset ovat kuitenkin tarpeen.

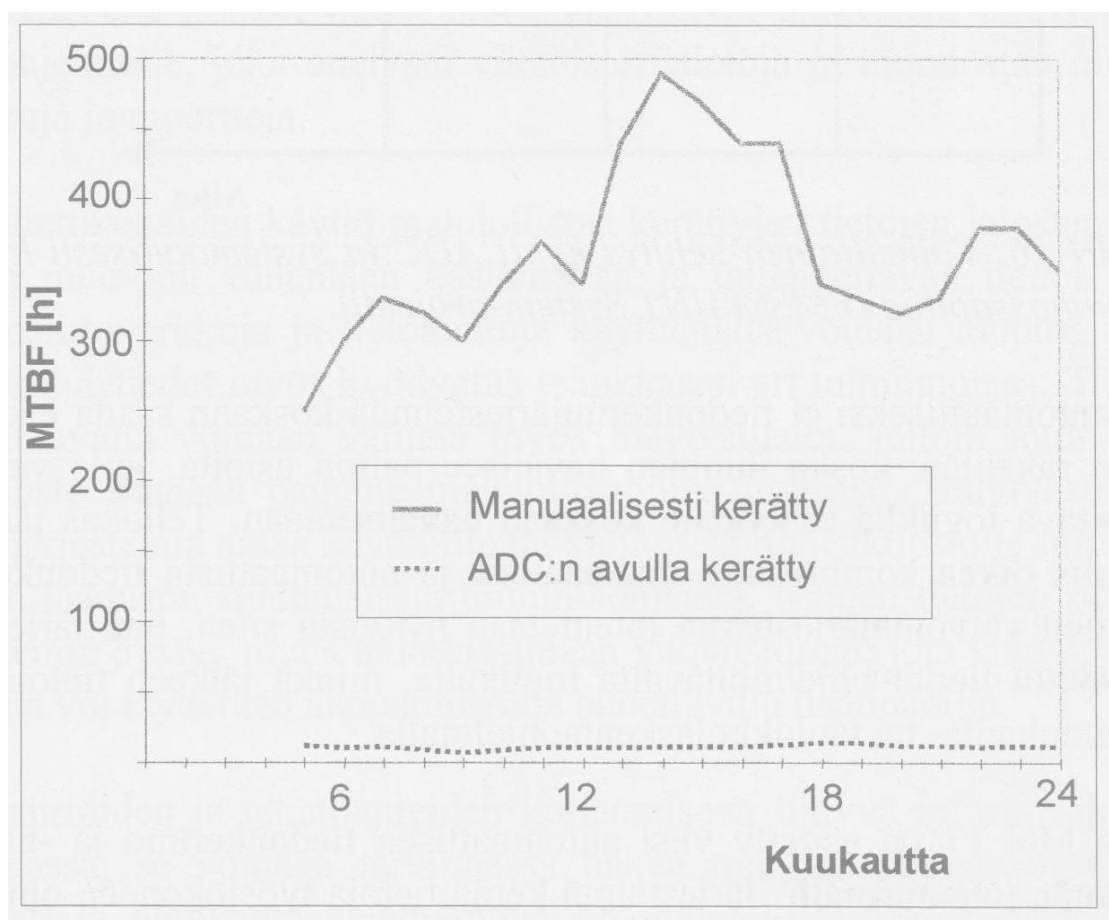
Manuaalisella kirjanpidolla tarkoitetaan käyttösuhteen laskemista tunnetuilla, vakiokestoilla työstöohjelmilla valmistettujen kappaleiden lukumäärän perusteella. Menetelmä on raskas, sillä jotta tulokset olisivat kattavia, tulee koneaikojen lisäksi mitata myös häiriö- ja asetusajoja. Näitä aikoja ei voida arvioida suoraan tuotannon valmistusmääristä, sillä asetusajat vaihtelevat eikä häiriöitä voida ennustaa. (Mts. 4.)

Työntutkimustekniikoilla tarkoitetaan havainnointitutkimusta ja jatkuvaa ajankäyttötutkimusta. Työntutkimustekniikoissa mitataan suoraan havaintoihin perustuen koneiden työstö- ja muita aikoja. Mittaajan tulee siis olla koko tarkkailujakson ajan koneen luona mittaamassa näitä aikoja, tai teettää mittaus työstökoneen käyttäjällä. Käyttäjän motivointi tähän tehtävään voi olla hyvin hankalaa, ja jatkuva mittaaminen ja kirjanpito hidastavat muuta työntekoa merkittävästi. Mittaus voidaan tehdä myös tarkkailemalla pelkästään valmistuvien kappaleiden lukumäärän suhdetta työaikaan. Jatkuva mittaus on mahdotonta toteuttaa, ja pitkäkestoinen mittaus tulee hyvin kal-

liiksi. Mittaaja voi kuitenkin itse jaotella aikalajit tehokkaasti ja kulloisenkin tutkimuksen tarpeiden mukaan, jolloin tulokset soveltuvat parhaiten tuohon tutkimukseen. Työntutkimustekniikat sopivat parhaiten lyhyisiin mittausjaksoihin, kuten asetusajakojen mittaukseen. (Mts. 4.)

Ajanrekisteröintilaitteilla on mahdollista mitata työstökoneen ajankäyttöä katkeamattomasti. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi sähkömekaaniset käyttötuntilaskurit, kiekko- tai nauhapiirturit sekä tiedonkeruupäätteet. Etenkin kaksi ensimmäistä edellä mainituista edustavat hyvin vanhentunutta tekniikkaa. Aikalajeja mitataan nykyään useimmiten täysin sähköisesti ja automaattisesti. Laitteet on integroitu NC-yksiköiden sisään, ja laitteet lähettävät tietoa esimerkiksi yrityksen sisäiseen verkkoon, josta tieto on kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla. (Mts. 4.)

Kuviossa 12 vertaillaan automaattisessa ja manuaalisessa ajanrekisteröinnissä saatuja vikavälitietoja. Pystyakselilla on häiriöiden väli tunteina ja vaaka-akselilla aika kuukausina. ADC tarkoittaa automaattista ajanrekisteröintilaitetta (Automatic Data Collection).



KUVIO 12. Manuaalisesti ja automaattisesti (ADC) kerätty vikavälitieto samasta koneistuskuksesta 24 kk:n ajalta (Lapinleimu ym. 1997, 389)

Kuviosta voidaan havaita vikaantumisvälin olevan riippuvainen mittausmenetelmästä. Manuaalisesti kerätty tieto on huomattavasti suuripiirteisempää eikä kaikkia vikoja ole otettu huomioon yhtä tarkasti kuin automaattilla mitattaessa. Manuaalinen mittaus saa tilanteen näyttämään paljon paremmalta kuin automaattinen. Erot mittausmenetelmien välillä ovat erittäin suuret.

## **4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS**

### **4.1 Tutustuminen Sovella Oy:n tuotantojärjestelmään**

Opinnäytetyön toteutus aloitettiin hankkimalla ensin mahdollisimman kattavasti teoriatietoa aiheesta. Lähteinä käytetty aineisto oli osittain melko vanhaa, mutta vertailtaessa vanhempia teoksia hieman uudempiin ei niissä ilmene merkittäviä eroja. Alle kymmenen vuotta vanhaa perustutkimusaineistoa ei juuri ole tehty. Tämä saattaa johtua työstökoneiden kehityksen keskittymisestä ohjelmiston paranteluun koneen toiminnan kehittämisen sijasta.

Yrityksen tuotantojärjestelmään ja kohdesolun toimintaan tutustuttiin haastattelella yrityksen henkilöstöä, etenkin levytyösolun kanssa tekemisissä olevia henkilöitä. Osa koneiden käyttäjistä ei osannut tai viitsinyt vastaila kovin tarkasti kysymyksiin, mutta tuotantopäällikkö ja levytyösolun esimies olivat molemmat kokeneita koneenkäyttäjiä, ja puuttuvat tiedot saatiin paikattua heidän haastatteluillaan. Haastattelujen lisäksi tehtiin jatkuvasti havainnointia levytyösolun koneiden ja työntekijöiden toiminnasta.

### **4.2 Ajankäytön seuranta- ja vikahistoriatilastojen laadinta**

Tuotantojärjestelmään tutustumisen jälkeen aloitettiin koneiden häiriötietojen kerääminen. Kaivatut tilastotiedot saatiin todella helposti koneiden seurantajärjestelmästä nimeltä Arrow. Kaikki tarvittu tieto kerättiin järjestelmästä Excel-taulukoiksi, joiden pohjalta alettiin tehdä johtopäätöksiä vertaamalla taulukoita haastatteluissa ilmenneisiin seikkoihin ja tietoperustaksi hankittuun lähdemateriaaliin. Työn edistymisestä pidettiin jatkuvasti kirjaa, jolloin oli helppo tutkia kirjoitusvaiheessa työn eri vaiheita.

Koneiden aikalajit kerättiin Arrowin MachineTrack -sovelluksesta ja niistä laadittiin taulukot (ks. taulukot 1–4). Aikalajeihin päästiin myös tarkemmin käsiksi tarkkaile-

malla päivittäistä työajan jakautumista vuorokauden aikana. Koneiden käyttäjien kommentit häiriöistä kerättiin, ja niistä laadittiin toinen taulukko (ks. liitteet 1–3), jossa häiriöt on jaoteltu koneittain ja häiriötyypeittäin. Kunnossapidon vikahistoriatiedoista laadittiin kolmas taulukko (ks. liitteet 4–6).

Omasta ja yrityksen edustajien mielestä vuoden mittainen tarkkailujakso oli tässä tilanteessa kaikkein sopivin häiriöitä ja ajankäyttöä tilastoitaessa. Ensinnäkin vuotta pidempi jakso olisi epäluotettava, sillä koneisiin on tehty viimeisen vuoden sisällä melko suuria muutoksia, joiden pois jättäminen (ts. tarkkailujakson pidentäminen) johtaisi siihen, etteivät tilastot vastaisi nykytilannetta riittävällä tarkkuudella. Toisaalta jakson ollessa lyhyempi kuin vuosi eivät saadut tulokset riittäisi johtopäätösten tekemiseen.

## **5 TUTKIMUSTULOKSET**

### **5.1 Tuotantojärjestelmä, kunnossapito ja käytänteet**

Opinnäytetyön kohteena olevaan tuotantosoluun kuuluu kolme konetta: Salvagnini P4 2220N -levyntaivutusautomaatti ja Salvagnini S4 sekä Finn-Power SG Shear Genius -levytyökeskukset. Molemmat levytyökeskukset on varustettu automaattivarastolla, molemmat Salvagninit valmiiden kappaleiden käsittelyrobotilla ja kaikissa koneissa on imukuppikäyttöinen portaalipanostaja. Finn-Powerissa pinkkauslaite käsittelee valmiit kappaleet automaattisesti. Lisäksi solussa otettiin käyttöön hitsausautomaatti syksyllä 2010.

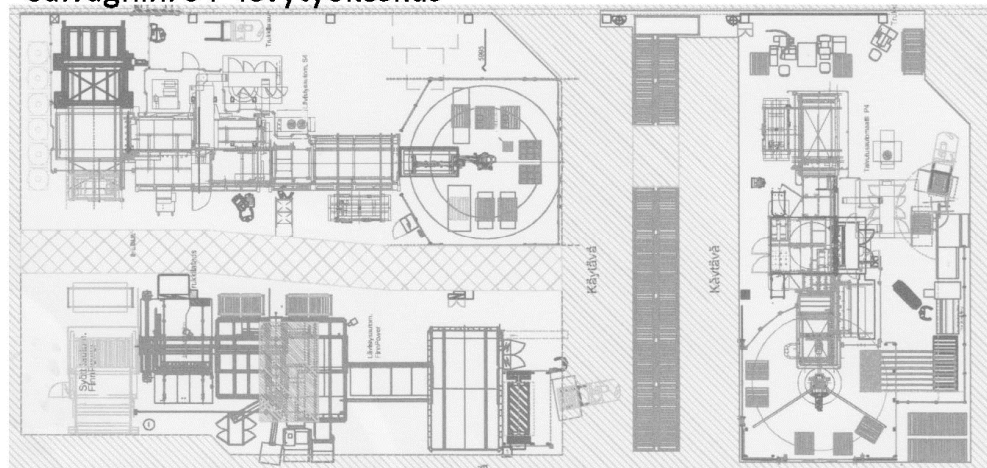
Tuotantoa ohjataan Microsoftin Axapta-ohjelmistolla, jolla hoidetaan niin kuormitukset kuin tuotannon muukin ohjailu. Tuotantokoneiden käyttäjät pääsevät kunkin koneen yhteydessä olevalta tietokoneelta yrityksen intranettiin. Kone-, häiriö- ja odotusaikoja seurataan Arrow-ohjelmiston MachineTrack-sovelluksella, ja työnjohtajat laskevat tuotantopalkkiot ohjelmiston ajankäyttötilastoista käyttösuhteen perusteella. Kun tuotantopalkkiot maksetaan tuotantomäärien sijaan koneen käyttösuhteen

mukaan, on työntekijöillä motivaatiota pitää koneet käynnissä ja toimintakuntoisena. CAD-suunnitteluohjelmistona on suomalainen Vertex G4. (Kolehmainen 2011.)

Sovellalla pyritään modulaariseen tuotantoon: puolivalmisteverastosta kerätään osat kokoonpanoalueelle, jossa lopullinen tuote kootaan ja pakataan. Valmistuotevarasto- ja käytetään lähinnä suurimenekkisten tuotteiden varastointiin; osa tuotteista valmistetaan tilausohjautuvasti. Yritys valmistaa ja myy lisäksi erikoistuotteita, jotka ovat asiakkaan toivomusten mukaan suunniteltuja tuotteita, joista myyjät ovat sopineet asiakkaan kanssa. Nämä tuotteet ovat yleensä erittäin kalliita valmistaa, ja myyjät yrittävät mahdollisuuksien mukaan etsiä asiakkaille ratkaisuja Sovellan valmiista tuotekannasta. Joskus myyntivaiheessa tällaisen tuotteen tai paketin todelliset kustannukset ovat erittäin vaikeita arvioida, ja hinta saattaa olla liian pieni kattamaan kustannukset. Tällaiset kaupat ovat silti tarpeellisia, sillä ne ovat merkki asiakkaille Sovellan joustavuudesta ja asiakaslähtöisyydestä. (Hanhinen 2011.)

Tuotantotilan layout uudistettiin vuonna 2010 materiaalivirtoja silmällä pitäen (ks. kuvio 13). Tuotantotila järjesteltiin uudelleen asettelemalla koneet materiaalivirran myötäiseksi. Tuotantotila pienentyi järjestelyssä noin 3000 m<sup>2</sup>. Vapautunut tila, entinen maalaamo, tullaan myöhemmin vuokraamaan toiselle yritykselle. Tuotanto- ja varastotilaa oli järjestelyn jälkeen yhteensä noin 12000 m<sup>2</sup>. (Kolehmainen 2011.)

### Salvagnini S4 -levytyökeskus



S  
a  
l  
v  
a  
g  
n  
i  
n  
i  
  
P  
4

### Finn-Power SG -levytyökeskus

KUVIO 13. Sovellan levytyösolun layout-piirros muutoksen jälkeen (Layout-piirros 2010, muokattu)

Hukkamateriaalin määrä pyritään pitämään mahdollisimman pienenä, jotta raaka-ainekustannukset pysyisivät matalina. Minimointi tehdään nestaamalla, joka tarkoittaa aihion käytön optimoimista asettelemalla työstettävät kappaleet raaka-ainelevylle mahdollisimman tiiviisti ja yhteisiä leikkausviivoja suosien. Nestaus tehdään työstöohjelmien laadinnan yhteydessä. (Mt.)

Nestausta tehdään siten, että ohjelmoija valitsee työjonosta muutamia töitä, jotka seuraavaksi sommittelee. Käytössä oleva ohjelmisto tekee nestauksen automaattisesti valittujen töiden piirustusten ja levyaihiovalintojen perusteella, ja ohjelmoija voi muuttaa työstettävien tuotteiden mittoja toleranssien sallimissa rajoissa päästäkseen optimaaliseen levynkulutukseen. Ohjelmoijalle tuottavat nestauksessa ja muutenkin päänvaivaa asiakasräätelöidyt tuotteet, jotka saattavat olla mitoiltaan hyvin lähellä yrityksen valmiita tuotteita, mutta juuri asiakkaan haluamat pienet muutokset pakottavat ohjelmoijan tekemään nestaukset uudelleen. Tämän takia valmiista tuotekannasta pyritään aina löytämään asiakasta tyydyttävä tuote. (Kuivalainen 2011.)

Ohjelmoinnissa käytetään paljon myös valmiita nestejä, eli valmiita suunnitelmia tiettyjen osien ja osaperheiden valmistamiseksi levyn optimaalisella käytöllä. Valmiit

nestit nopeuttavat huomattavasti ohjelmoijan työtä. Toisaalta yrityksen tilauskanta on sen verran vaihtelevaa, että ohjelmoijan tulee yleensä käydä kaikki tilaukset läpi nestauksia suunnitellessaan. (Mt.)

Levytyökoneiden ohjelmoijalla on noin kymmenen vuoden kokemus ohjelmoinnista. Koko tämän ajan ovat käytössä olleet samat ohjelmat, Finn-Powerille ja Salvagnineille omansa. Ohjelmoijalla ei ollut juuri aikaisempaa kokemusta CAM-ohjelmoinnista ennen ohjelmien käyttöä. Käytössä olevat ohjelmointijärjestelmät ovat Kuivalaisen mukaan monipuolisia ja riittäviä nykyisiin tarpeisiin, mutta ohjelmoinnista saisi todennäköisesti tehokkaampaa jatkokoulutuksella, sillä ohjelmoija on opetellut käytön itse eikä siksi ole välttämättä perillä kaikista ohjelmien helppokäyttöisyyttä ja monipuolisuutta lisäävistä toiminnoista. (Mt.)

Tuotesuunnitteluosaston ja tuotantohenkilöstön yhteistoiminta on hyvin vähäistä. Kommunikaatio tapahtuu lähinnä siten, että ohjelmoija antaa opastusta ja vinkkejä suunnittelijoille, miten kappaleet tulisi suunnitella, jotta niiden valmistamiskustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset ja valmistettavuus helppoa. Ohjelmoija tuntee valmistustekniikan ja yrityksen konekannan rajoitukset paljon suunnittelijoita paremmin. Kuivalaisen mukaan suunnittelijat sortuvat usein suunnitteluohjelmiston helppokäyttöisyyden takia tuotteiden muotoilussa ylilyönteihin, jolloin työstöohjelmien laatiminen vaikeutuu merkittävästi. Suunnittelijoita ohjeistetaan päivittäin. Tuotantosolun koneenkäyttäjät eivät kommunikoi tuotesuunnittelijoiden kanssa. (Mt.)

Henkilöstön vaihtuvuus on tällä hetkellä vähäistä, mutta suurten ikäluokkien eläköityminen tulee lisäämään vaihtelua lähivuosina. Lähes kaikki levytyösolun työntekijät ovat olleet koneella niiden hankinnasta lähtien, eli noin yhdeksän vuotta. (Kolehmainen 2011.)

Ohjelmat haetaan koneille sisäisestä verkosta. Koneiden käyttäjät ovat suhteellisen kokeneita ja itsenäisiä, joten heiltä luonnistuu tarvittaessa pienten muutosten teko ohjelmiin. Näin ohjelmoijan ei tarvitse aina tulla auttamaan koneenkäyttäjiä, kun erä



vaihtuu tai ongelmia ilmenee. Pieniin muutoksiin lukeutuvat muun muassa panostajan imukuppien säätäminen ja robotin ladontakuvion valinta. (Kuivalainen 2011.)

Eräs ongelma tuotannossa on työkalujen puute. Jos esimerkiksi kone vikaantuu, saat-  
taa koneen käyttäjällä, tai pahimmassa tapauksessa koko solun henkilöstöllä, kulua  
pitkiä aikoja oikean työkalun etsimiseen (Mt.) Tämä on yleinen ongelma koko kone-  
pajateollisuudessa, mutta tavaroiden säilytykseen erikoistuneen yrityksen ei pitäisi  
kohdata tämän kaltaisia ongelmia.

## 5.2 Asetusajat

Ensivaikutelman mukaan koneiden asetusajat eivät muodosta suurta ongelmaa käyt-  
tösuhteessa. Koneiden käyttäjien mukaan taivutusautomaatin asetusajat ovat keski-  
määrin kymmenen minuutin mittaisia ja yhden erän läpäisy aika on yleensä noin tun-  
nin mittainen. Työmäärään nähden kymmenen minuutin asetus aika vaikuttaa liian  
pitkältä, sillä asetusten teko tarkoittaa yleensä ohjelman hakua tietokoneelle, ladon-  
takuvion ja imukuppien asetusten valintaa, aihiolavan hakemista syöttöpisteelle ja  
lavan vaihtoa valmiiden tuotteiden ladonta-alueelle. Tuotantopäällikön mukaan  
työntekijöiltä kuluu ylimääräistä aikaa valmistuotelavan kuljettamiseen seuraavalle  
koneelle tai valmistuotevarastoon ennen seuraavan erän tuotannon käynnistämistä,  
kun pelkkä lavan poistaminen robotin käsittelyalueelta riittäisi. Koneen ollessa auto-  
maattiajolla, jää työntekijöille hyvin aikaa esimerkiksi noiden lavojen siirtoon. (Han-  
hinen 2011.)

Salvagnini S4:n asetusajat ovat yleensä alle viiden minuutin mittaisia, mutta ne voisi-  
vat teoriassa olla lähellä nollaa. Koneessa pitkät aihiot panostetaan automaattivaras-  
tosta, josta voidaan valita valmiiksi oikea varastopaikka jo ennen edellisen ajon lop-  
pumista. Lyhyitä aihioita varten koneen toisella puolella on syöttökelkka, joka pitää  
siirtää manuaaliohjaimella panostuslaitteen käsittelyalueelle kiskoja pitkin. Aihiot voi  
tuoda kelkalle valmiiksi jo edellisen erän aikana, mutta kelkan siirtely sisältyy asetus-  
aikaan. (Mt.)

Molemmissa Salvagnini-koneissa valmiit tuotteet käsitellään robotilla miehittämättömänä, ja valmiita tuotteita varten purkualueella on useita lavapaikkoja. Erästä toiseen voidaan siis siirtyä molemmilla koneilla katkotta, mutta lavoja ei saa robotin käsittelyalueelta pois koneen välillä pysähtymättä. Finn-Power toimii panostuksen ja valmiiden tuotteiden käsittelyn osalta hyvin, ja koneen asetusajat ovat suhteellisen lyhyet.

Salvagnineissa on se etu Finn-Poweriin nähden, että niissä harvoin tarvitsee vaihtaa työkaluja asetusten yhteydessä. Finn-Powerin työkalujärjestelmä on revolverityyppinen, ja siinä on 27 työkalupaikkaa. Salvagninissä on työkalukasetit. Työkalun vaihtoon kuluva aika huomioimatta Finn-Powerin asetusajat ovat lyhyemmät.

### **5.3 Kunnossapito**

Hanhinen (2011) myöntää, että koneiden päivittäishuollot on laiminlyöty lähes kokonaan. Huollot käsittävät vain satunnaisen öljytason tarkistamisen. Levytyökeskuksista etenkin S4:n siisteys on huonolla tasolla. Koneiden alustat ovat täynnä levyjätettä, öljynimeytysliinoja, öljyä ja muuta sinne kuulumatonta. Tutkimusjakson aikana S4:n jätekuljetin huollettiin vaihtamalla kuljetinta puhdistava harja uuteen, mikä parantaa siisteyttä ja toimintavarmuutta huomattavasti. (Hanhinen 2011.)

Kuukausihuollot ja korjaukset tekee WeMaint. Se on ulkoistettu kunnossapitoorganisaatio, joka koostuu pääosin Sovellan entisistä huoltomiehistä. Korjaavaa kunnossapitoa tehdään työnjohdon vikailmoitusten perusteella ja korjauksista raportoidaan yrityksen tietokantaan. Sovellan työnjohdolla ei ole muuta vaikutusta huoltoihin, kuin vikailmoitusten teko kunnossapidolle. (Kalliokoski 2011.)

Ennakoiva kunnossapito aloitettiin kuukausihuoltojen muodossa loppukesästä 2010. Ennen tätä ei ennakoivaa kunnossapitoa tehty ollenkaan. Korjaavan kunnossapidon yhteydessä saatettiin korjata päävian lisäksi jokin muu häiriö, jos se havaittiin samalla. Syy kuukausihuoltojen laiminlyömiseen oli koneiden korkea kuormitusaste, eli

huoltoja ei ehditty tai haluttu suorittaa tuotannon hidastumisen takia. (Hanhinen 2011.)

Tällä hetkellä kuukausihuollot on suunniteltu suoritettavaksi jokaisen kuukauden ensimmäisenä maanantaina. Huollot tehdään kunkin koneen valmistajan toimittaman huolto-ohjeen mukaisesti sekä koneiden käyttäjien, kunnossapidon kokemuksen ja huollonaikaisen havainnoinnin perusteella. Kuukausihuollot ovat Kalliokosken mukaan parantaneet koneiden toimintavarmuutta, mikä ei ole yllätys. (Kalliokoski 2011.)

Huollot pyritään toteuttamaan iltavuorojen aikana. Tämä vaikuttaisi olevan todella huono ratkaisu, sillä varaosatarpeen ilmetessä huollon yhteydessä on varaosan hankkiminen mahdotonta, koska varaosaliikkeet ovat kiinni. Tällöin kone joutuu seisomaan koko illan ja yön toimeettomana, eivätkä huollot edisty lainkaan. Jos huollon yhteydessä ilmenee työkalujen teroitustarvetta, niin huolto venyy seuraavalle päivälle, sillä teroitustyöntekijät työskentelevät päivävuorossa. Jos huollot ajoitettaisiin aamupäiville, olisi varaosien ja mahdollisen asiantuntijuutta vaativan erikoistyön hankkiminen huomattavasti helpompaa ja huollot nopeutuisivat. Huoltojen ajoittaminen on WeMaintin vastuulla, eli Sovellalla ei ole tässä asiassa osuutta. (Mt.)

Finn-Powerin huollot käyvät päivä päivältä hankalammiksi varaosien huonon saatavuuden vuoksi. Varastossa pyritään pitämään mahdollisimman kattava valikoima koneen osia, ja vikaantuneita osia korjataan tilanteen mukaan. Esimerkiksi koneessa käytettyjen Siemensin ohjauskorttien valmistus on Kalliokosken mukaan lopetettu, ja korttien korjaus on hankalaa, joten jatkossa korttien vikaantumiset voivat aiheuttaa pitkiä seisokkeja. Lähivuosina on väistämättä edessä koneen vaihto uudempaan. (Mt.)

## **5.4 Arrow MachineTrack -tilastot ja kunnossapidon vikahistoriatiedot analysointineen**

Opinnäytetyön tuloksena syntyvät Arrow MachineTrack -tilastot ovat hyvin viitteellisiä, koska koneenkäyttäjät ovat kommentoineet häiriöitä hyvin vaihtelevasti, jos ol-

lenkaan. Nykyisellään kuitatun virheen kuvaus kertoo kulloisenkin virheen ilmenemisestä hyvin suurpiirteisesti, esimerkiksi kertomalla kyseessä olevan ”konehäiriö”. Jokaisen häiriön kommentointi koneella kirjoittamalla on hidasta ja aikaa vievää, eivätkä käyttäjät viitsi tai ehdi aina kirjoittaa häiriölle kuvausta.

Tilastoja vääristää myös se, että koneet on suunniteltu työskentelemään Finn-Poweria lukuun ottamatta 16 tuntia päivässä ja viisi päivää viikossa. Todellisuudessa automaattivarasto mahdollistaa yö- ja viikonlopputöiden tekemisen myös Salvagnini S4:llä. Näin ollen tulokset ovat ainakin S4:n osalta todellista tilannetta parempia, sillä kaikki työajan ulkopuolella tapahtuva valmistus kirjautuu koneajaksi, kun taas työajan ulkopuolella ilmenevät häiriöt ja odotusajat eivät kirjaudu ollenkaan.

Arrow-tiedot mitataan kaikilta tuotantokoneilta sarjassa, eli kun yhden koneen yhteys sarjaan katkeaa, koko sarjan mittaus keskeytyy. Tämä aiheuttaa pieniä vääristymiä tilastoissa mittausyhteyden katketessa. Kyseisiltä ajanjaksoilta ei siis ole mitään tuloksia tilastoissa, ei käytösuhdeprosentteissa eikä häiriöiden kommentoinneissa.

Taivutusautomaatin yleisimmät viat kunnossapidon vikahistoriatietojen perusteella ovat viivaimen, työkalujen, imukuppien, SQ-tunnistimien sekä syöttöpihdin viat. Salvagnini S4:n yleisimmät viat ovat harjapöydän, leikkurin, sulakeruuvien, ketjujen, lastauspöydän, sivuttaissiirtäjän sekä jätekuljettimen viat. Myös levyjen naarmuuntumista on tapahtunut pari kertaa tarkkailujakson aikana. Finn-Powerin yleisimmät viat ovat pinkkarin, leikkuripöydän sekä index-työkaluasemien viat.

#### **5.4.1 Salvagnini S4:n tilastot**

Arrow MachineTrack -tilastojen perusteella Salvagnini S4 -levytyökeskuksen yleisimmät häiriöiden aiheuttajat ovat kappaleen jumittuminen harjapöydälle, työkalujen häiriöt, leikkurin huono kiinnitys ja toimimattomuus, levyn ruttaantuminen, levyn sivuttaissiirtäjän sulakeruuvien katkeaminen sekä jätekuljettimen jumittuminen. Lista häiriöistä löytyy liitteestä 2.

Kunnossapidon vikahistoriatietojen perusteella (ks. liite 4) yleisimmät kunnossapitotoimenpiteet kohdistetaan harjapöytään, leikkuriin, sulakeruuveihin, lastauspöytään, sivuttaissiirtäjän tarttujaan sekä jätekuljettimeen. Lisäksi ketjujen vaihto ja korjaus on hyvin tyypillinen kunnossapitotoimenpide.

Kappaleet jumittuvat harjapöydälle pöydän rakenteen takia. Varsinkin pienet ja kapeat kappaleet jäävät herkästi harjojen väliin, eivätkä tällöin pääse liikkumaan vapaasti. Harjapöytä on Kuivalaisen mukaan tässä mallissa sellainen, ettei sitä pysty vaihtamaan tai muokkaamaan, sillä kone on jonkinlainen prototyyppimalli, johon on vaikeaa löytää varaosia. (Kuivalainen 2011.)

Leikkurin kiinnityksen pettäminen on enemmänkin ominaisuus kuin vika. Leikkuri on rakenteeltaan sellainen, että siihen syntyy helposti välyksiä kiinnitysruuvien löystyessä, ja välyksien havaitseminen on vaikeata koneen runsaan suojakoteloinnin takia. Leikkurin kiinnityksen viat aiheuttavat levyn ruttaantumista ja koneen jumittumista. Ruuvien kireyden varmistamiseksi on kokeiltu hiljattain pidäntiliiman käyttöä kier-teissä, ja toistaiseksi tulokset ovat olleet hyviä. (Kuivalainen 2011.)

Levyjen ruttaantumiseen on lukuisia syitä. Niitä aiheuttavat muun muassa levyyn työstön aikana muodostuvat jännitykset, piikit, jäysteet, ohjelmavirheet, koneen herkkyyks pienille virheille sekä harjapöydän kulumisen ja vajoaminen.

Levyjen jännitykset saavat levyt taipumaan, ja levyjen päät törmäilevät koneen rakenteisiin. Myös jäysteet tarttuvat rakenteisiin ja harjapöytään ja aiheuttavat siten levyjen ruttaantumisen sivuttaissiirtäjän yrittäessä viedä levyä eteenpäin.

Ohjelmavirheiden aiheuttamat ruttaantumiset johtuvat siitä, että S4:lle on tehty hiljattain ohjelmistopäivitys, joka synnyttää ristiriitoja ohjelmointiin käytettävän ohjelman kanssa. Vaikka ohjelma näyttäisi toimivalta ohjelmoijan ruudulla, niin käytännössä kone tekee jotain muuta, kuin mitä ohjelmoija on suunnitellut. Nämä ongelmat poistunevat ajan myötä, sillä virheelliset ohjelmat korjataan heti virheiden ilmaantuessa ja uudet ohjelmat tallennetaan. (Kuivalainen 2011.)

Työstöpöydän harjat kuluivat käytössä ja aiheuttavat näin ollen korkeuseron kuljettimen ja harjapöydän välillä. Kulumisen kompensointi kuuluu ennakoivaan kunnossapitoon, mutta Kuivalaisen (2011) mukaan tätä ei ole juurikaan tehty. Ennakkohuollossa vaihdetaan myös kuluneet harjat uusiin. Harjojen vaihto on todella hankala toimenpide, sillä harjojen vaihto suoritetaan koneen alta hyvin ahtaasta paikasta.

Harjapöydän vajoaminen aiheuttaa myös korkeuseron. Vajoamista alkoi ilmetä heti layout-muutokseen liittyvän koneiden siirtelyn jälkeen. Kuten edellisessä kappaleessa on mainittu, on pöydän korkeus säädettävissä. Haluttu korkeus lukitaan ruuveilla. (Kalliokoski 2011.) Harjapöydän sivuttaissiirtymiset on estetty hitsaamalla pöytä paikoilleen. Hanhisen (2011) mukaan Salvagninin toimittajat ovat sanoneet, että koneen tulisi jäädä niille sijoilleen, joille kone on alun perin asennettu koneen oikean toiminnan takaamiseksi.

Levyn sivuttaissiirtäjän sulakeruuvi katkeaa aina, kun levy tarttuu sille kuulumattoon paikkaan. Sulakeruuvi on ohut sauva, joka katkeaa sulakkeen tapaan liian suuren sivuttaisvoiman vaikutuksesta. Ruuvin katkeaminen aiheuttaa sivuttaissiirtäjän vapautumisen, jolloin törmäys ei aiheuta lisävahinkoja koneeseen. (Kuivalainen 2011.) Näin ollen ei sulakeruuvien katkeamisesta voida puhua vikana, vaan pikemminkin vian estäjänä. Ruuvien katkeaminen koneen häiriöttömän toiminnan yhteydessä on kuitenkin tavattoman harvinaista. Katkeaminen johtuu lähes aina jonkun muun häiriön vaikutuksesta.

Jätekuljetin jumiutuu, kun jätteitä kuljettavan maton ja telojen väliin joutuu levyjätettä. Koneen alusta oli täynnä pientä levysilppua, joka oli pudonnut ohi jätekuljettimesta. Kuljetinta puhdistava harja vaihdettiin kevään aikana uuteen, jonka takia jätekuljettimen toimintavarmuus todennäköisesti paranee, mutta levyjätteen leviäminen jätekuljettimen ulkopuolelle on edelleen ongelma. (Hanhinen 2011.)

#### **5.4.2 S4:n ajankäytön seurantatilastot**

Taulukossa 1 esitetään S4:n ajankäytön seurantatutkimuksen tulokset. Tämän ja muiden jäljempänä tulevien vastaavien taulukoiden tiedot kerättiin Arrow Machine-

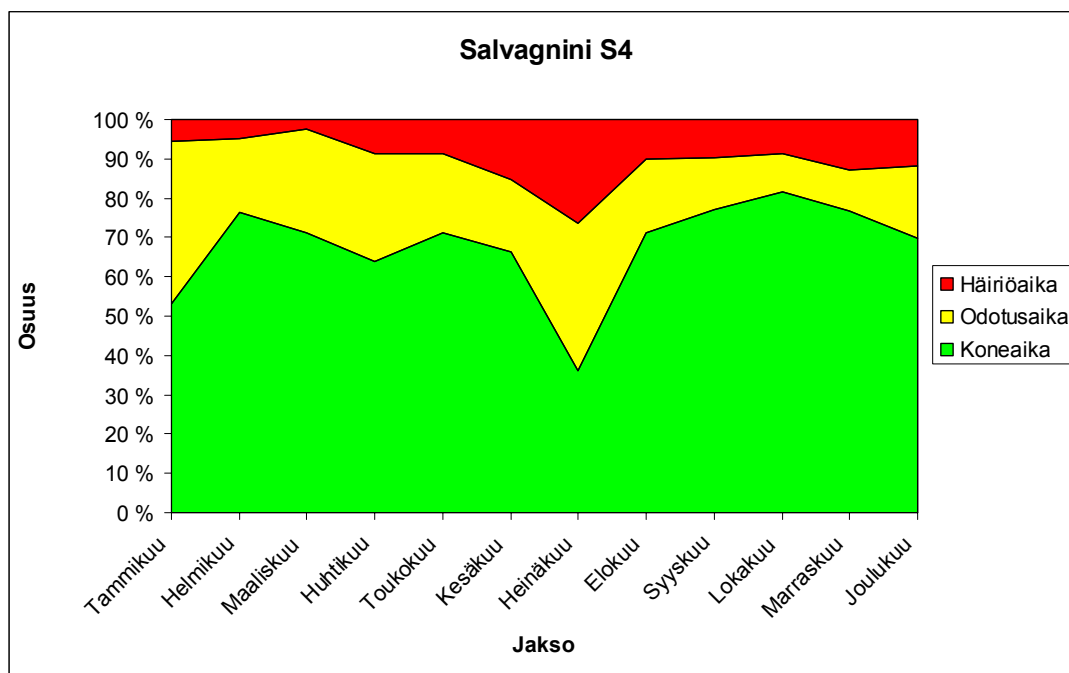
Track -ohjelmasta. Sarakkeet on jaettu kone-, odotus-, ja häiriöaikoihin, ja käyttösuhde saadaan jakamalla koneaika kone- ja muiden aikojen summalla. Tilastot on koottu vuodelta 2010 tammikuun alusta joulukuun loppuun.

TAULUKKO 1. Salvagnini S4:n ajankäytön seurantalastot

Jakso\Kone	Salvagnini S4			
	Koneaika	Odotusaika	Häiriöaika	Käyttösuhde
Tammikuu	202,0	158,8	20,5	53 %
Helmikuu	299,0	73,7	19,4	76 %
Maaliskuu	294,5	109,3	10,0	71 %
Huhtikuu	209,7	90,7	28,5	64 %
Toukokuu	94,9	27,0	11,5	71 %
Kesäkuu	285,6	79,7	66,2	66 %
Heinäkuu	131,2	137,0	95,7	36 %
Elokuu	188,5	50,1	26,6	71 %
Syyskuu	317,3	55,0	39,7	77 %
Lokakuu	434,6	51,1	46,3	82 %
Marraskuu	395,5	54,2	65,3	77 %
Joulukuu	333,8	88,4	56,6	70 %
Koko vuosi	3186,6	974,8	486,3	69 %
Q1	795,5	341,8	49,9	67 %
Q2	590,2	197,4	106,2	66 %
Q3	637,0	242,0	162,0	61 %
Q4	1163,9	193,7	168,3	76 %
Q1+2	1385,7	539,1	156,1	67 %
Q3+4	1800,9	435,7	330,3	70 %

Taulukosta 1 voidaan havaita koko vuoden käyttösuhteen olleen 69 %. Heikoimmillaan käyttösuhde oli heinäkuussa, 36 %, ja parhaimmillaan lokakuussa, 82 %. Kvartaaleista viimeinen neljännes oli selvästi kaikista paras. Työaikamäärät vaihtelivat run-

saasti eri kuukausina. Esimerkiksi toukokuussa tunteja oli 133,4, kun lokakuussa tunteja oli 532. Koko vuoden odotusajan suhde vuoden työaikaan oli noin 21 % ja häiriöajan suhde noin 10 %. Maalis- ja toukokuu olivat koneella kaikkein toimintavarmimmat kuukaudet häiriötuntien summien ollessa noin kymmenen tunnin luokkaa. Eniten häiriötunteja oli heinäkuussa, jolloin niitä oli 95,7.



KUVIO 14. Salvagnini S4:n ajankäytön seurantakuvaaja

Kuten kuviosta 14 voidaan havaita, oli S4:n koneaika koko vuoden heinäkuuta lukuun ottamatta yli 50 % koko työajasta. Häiriöajan suhde työaikaan oli melko vähäistä heinäkuuta lukuun ottamatta. Alkuvuodesta odotusajan suhde oli melko suuri, mutta loppuvuotta kohden suhde pienentyi.

#### 5.4.3 Finn-Power SG:n tilastot

Finn-Powerin yleisimmät häiriöt olivat pinkkarin ja index-työkaluaseman häiriöt sekä jätekuljettimen jumittuminen (ks. liite 3). Pinkkarin häiriöt johtuivat useimmiten voimansiirtoketjujen katkeamisesta. Pinkkarissa on levyn siirtorullat, joita pyöritetään



sähkömoottorilla ketjuvälitteisesti. Ketju pyörittää aina kahta rullaa pareittain, ja yhden ketjun katketessa koko rullasto pysähtyy ketjurikosta eteenpäin. Ketjujen katkeamiset johtuvat yleensä siitä, että levy ajautuu vääntyneen kuljetinrullan väliin. Rullien vääntymisen syytä ei tunnettu. Levy estää rullan vapaan pyörimisen ja ketju katkeaa. Kun rullat ovat suoria, niin järjestelmä on hyvin toimintavarma. (Hanhinen 2011.)

Työkalunvaihdon yhteydessä vapaasti liikkuva index-asema (ks. luku 2.1) pyöritetään käsin nolla-asemaan, joka on tunnettavissa pienenä nykäyksenä, kun aseman kehällä oleva jousikuormitteinen kuula painuu nolla-asemaa merkitsevään syvennykseen. Jos asema on väärässä asennossa työstöohjelman alkaessa, asemaa pyörittävä lukitus-tappi ei osu työkaluaseman loveen, ja koneen normaali toiminta häiriintyy. Revolverin pyörähdykset, eli ts. automaattiset työkalun vaihdot eivät voi koneenkäyttäjän mukaan liikkeillään aiheuttaa index-aseman pyörähdystä pois nolla-asemasta. Yleensä työkaluaseman häiriöt johtuvat siitä, että koneen käyttäjä tönäisee index-asemaa vahingossa esimerkiksi vaihtaessaan viereiselle paikalle toista työkalua. Tämä johtuu huolimattomuudesta, eli kyseessä on inhimillinen virhe, joka voitaisiin välttää paremmalla työkalunvaihtotyön opastuksella tai työkalusuunnittelulla. Jos työkalu olisi suunniteltu siten, että virheellinen asennus ei ole mahdollista, ei tätä vikaa olisi.

Jätekuljetin jumittuu, jos kuljettimen liikkuvien osien väleihin ajautuu levyjätettä. Levyt ovat öljyisiä työstettäessä. Öljyiset ja kevyet levynkappaleet tarrautuvat kuljettimen rakenteisiin herkästi, eivätkä tällöin putoa jätekipperiin. Kuljetin on yleensä hyvin toimintavarma, mutta koneen öljyvuodot aiheuttavat kuljettimen öljyisyyden, joka taas johtaa jätepalojen tarrautumisen kuljettimen peltiseen mattoon. Jos öljyvuodot saataisiin vähenemään, toimisivat jätekuljettimetkin todennäköisesti paremmin.

#### **5.4.4 Ajankäytön seurantalilastot**

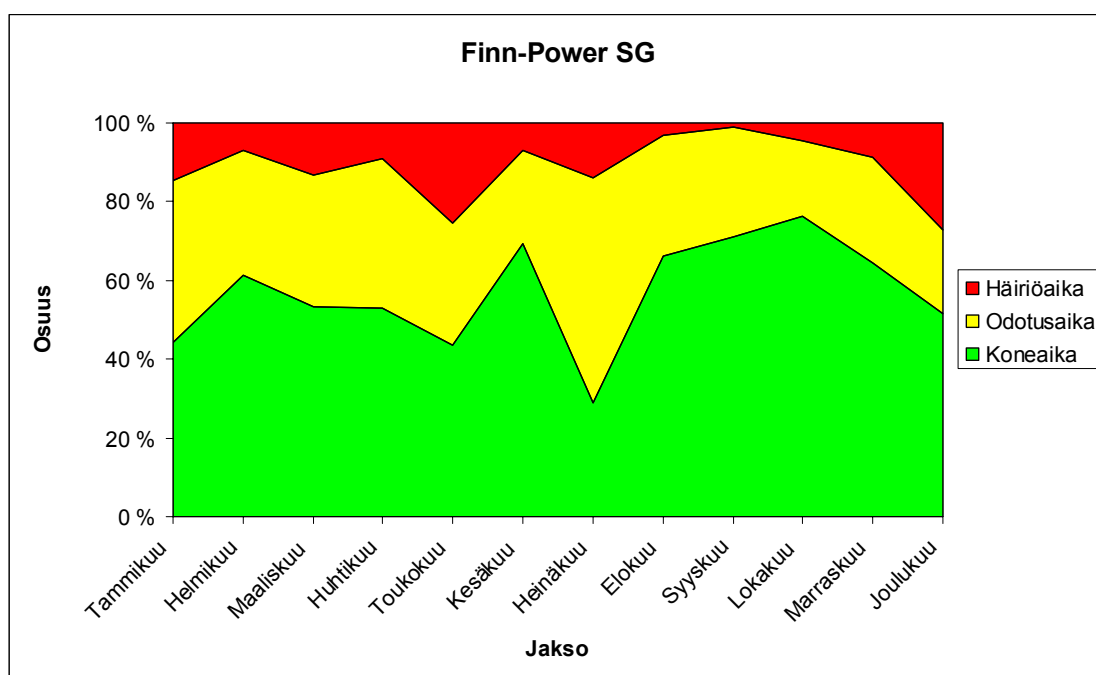
Finn-Powerin vuoden 2010 käyttösuhde oli 58 % (ks. taulukko 2). Heikoin kuukausi oli heinäkuu, jolloin käyttösuhde oli 29 %. Paras kuukausi oli lokakuu 76 %:n käyttösuhdeella. Vuoden työtuntien summa oli 5825,3 tuntia, mikä oli kaikista koneista suurin.

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koneen päävirta oli pisimpään päällä solun muihin koneisiin verrattuna. Tämä selittyy koneen yö- ja viikonloppukäytöllä, joka oli yleisempää Finn-Powerilla kuin Salvagninillä. Koneen työajaksi on määritelty MachineTrackissa 24 tuntia vuorokaudessa muiden koneiden työajan ollessa 16 tuntia. Tämä lisää huomattavasti työaikaeroa koneiden välillä.

TAULUKKO 2. Finn-Power SG:n ajankäytön seurantatilastot

Jakso\Kone	Finn-Power SG			
	Koneaika	Odotusaika	Häiriöaika	Käyttösuhde
Tammikuu	247,8	230,4	82,7	44 %
Helmikuu	306,9	158,4	35,1	61 %
Maaliskuu	286,0	179,7	70,1	53 %
Huhtikuu	229,0	163,9	38,8	53 %
Toukokuu	85,6	61,0	50,3	43 %
Kesäkuu	359,4	123,1	36,6	69 %
Heinäkuu	157,2	308,1	75,4	29 %
Elokuu	223,8	103,4	11,0	66 %
Syyskuu	384,6	150,7	5,5	71 %
Lokakuu	459,6	116,6	26,7	76 %
Marraskuu	385,8	162,0	51,7	64 %
Joulukuu	237,3	96,6	124,9	52 %
Koko vuosi	3362,9	1853,7	608,7	58 %
Q1	840,7	568,5	187,9	53 %
Q2	674,1	348,0	125,6	59 %
Q3	765,6	562,1	91,9	54 %
Q4	1082,7	375,2	203,3	65 %
Q1+2	1514,7	916,5	313,5	55 %
Q3+4	1848,2	937,3	295,1	60 %

Finn-Powerilla odotusajat olivat häiriöaikoja merkittävämpi koneaikaa pienentävä tekijä, kuten kuviosta 15 voidaan havaita. Odotus voi tosin johtua myös häiriöistä (ks. luku 2.3). Syyskuu oli koneella erittäin toimintavarma kuukausi, sillä silloin häiriöaikaa oli vaivaiset 5,5 tuntia. Tämä oli erinomainen suoritus koneen iän huomioiden. Valitettavasti käyttösuhde ei ollut kuin 71 % korkean odotusajan takia, mutta silti kone toimi tuolloin todella hyvin.



KUVIO 15. Finn-Power SG:n ajankäytön seurantakuvaaja

Verrattaessa kuvio 15:a toisen levytyökeskuksen ajankäytön kuvaajaan (ks. kuvio 14), voidaan havaita kuvioiden samankaltaisuus käyttösuhteen osalta. Silloin, kun Finn-Power toimi hyvin, oli myös Salvagnini S4 toimintavarma ja päinvastoin. Tämä on myös muissa tutkimuksissa havaittu ilmiö, eli yhden yrityksen levytyökeskusten käyttösuhteita vertailtaessa erot ovat melko pieniä (Koukkari 1984, 32).

#### 5.4.5 Salvagnini P4:n tilastot

Vaikka MachineTrack-tilastojen mukaan häiriöitä oli P4:llä lukumäärällisesti vähemmän kuin S4:llä ja vain hieman enemmän kuin Finn-Powerilla, oli P4:n käyttösuhte kuitenkin kaikista koneista heikoin. Poikkeama tilastoissa johtuu lähinnä siitä, etteivät käyttäjät raportoi kaikkia lyhyitä tai toistuvia häiriötilanteita MachineTrackiin, vaan pyrkivät työskentelemään vioista huolimatta. Yleisimmät häiriöt P4:llä olivat manipulaattorin varren katkeaminen, öljyvuodot, SQ-tunnistimet, panostajan imukuppien häiriöt, sähkö-, tietokone- tai tietoliikennehäiriöt sekä kiilojen toimimattomuus. Tarkempi lista häiriöiden esiintymisestä on liitteessä 3.

Manipulaattorin varsi toimii samalla tavalla kuin Salvagnini S4:n sulakeruuvi (ks. luku 5.4.1). Se toimii siis sulakkeen tavoin. Varsi on kulutustavaraa yrityksessä; niitä on laadikollinen koneen vieressä. Koneen käyttäjien mukaan vaihtoon kuluu aikaa noin varttitunti ja käyttäjät pystyvät tekemään vaihdon itsenäisesti.

SQ-tunnistimet vaikuttavat olleen yleinen häiriön aiheuttaja molemmissa Salvagninin koneissa. SQ-tunnistimet ovat induktiivisia lähestymisantureita, joita käytetään levyaihion paikan tunnistuksessa. Ne vaikuttavat lyhytikäisiltä ja heikkorakenteisilta. Useissa häiriötilanteissa myös tunnistimien kiinnitys on pettänyt tai tunnistin on ollut liian likainen toimiakseen.

Panostajan ja purkurobotin imukupit vikaantuvat helposti. Yleensä vika on letkuissa tai imukuppien varret ovat vääntyneet. Revenneet tai naarmuiset imukupit menettävät kykynsä alipaineen ylläpitoon. Panostajan imukupit vikaantuvat, jos käsiteltävät levyt kolhivat niitä. Jos esimerkiksi valittu imukuppikuvio jättää käyttämättömän imukuppiryhmän levyn käsittelyalueelle, levy törmää niihin noston yhteydessä. Imukuppikuviot voidaan useimmissa tapauksissa valita siten, ettei törmäyksiä synny.

Sähköviat johtuvat usein mekaanisista vioista. Koneen siirron aikana koneen rakenteet muuttuivat ja koneen toiminta epävakautui. Esimerkiksi tunnistimien paikat saattoivat muuttua hieman, tai jotkin akselit saattavat pyöriä jatkuvan kuormituksen alla. Kunnossapito tutki tietoliikennehäiriöiden syitä opinnäytetyön teon aikana. Vai-

kuttaa siltä, että sähkövikoja ilmenee iltavuorossa enemmän kuin aamuvuorossa. Tämä voi johtua esimerkiksi sähkönjakelun vaihtelevasta jännitteestä tai taajuudesta.

Kiilojen viat johtuvat usein öljyvuotojen kovettamista johdoista ja niiden rispaantumisesta. Johtojen kuntotarkastukset ennaltaehkäisisivät koneen pysähtymistä tästä syystä. Muoviset johdot öljyisessä koneessa voitaisiin suojata jollain öljyä kestäväällä materiaalilla päällystetyillä johdoilla.

P4:n viivain on kone-elin, jonka tarkoitus on siirtää panostajan harjapöydälle nostama levy sivuttain syöttökelkan leukojen väliin. Suuren kokonsa takia laite vikaantuu helposti. Viivaimen toimimattomuus tarkoittaa yleensä sitä, ettei viivain työnnä levyä tarpeeksi pitkälle, jotta levy saavuttaisi levyntunnistimet, eivätkä syöttökelkan tarttumat voi tällöin tarttua levyyn.

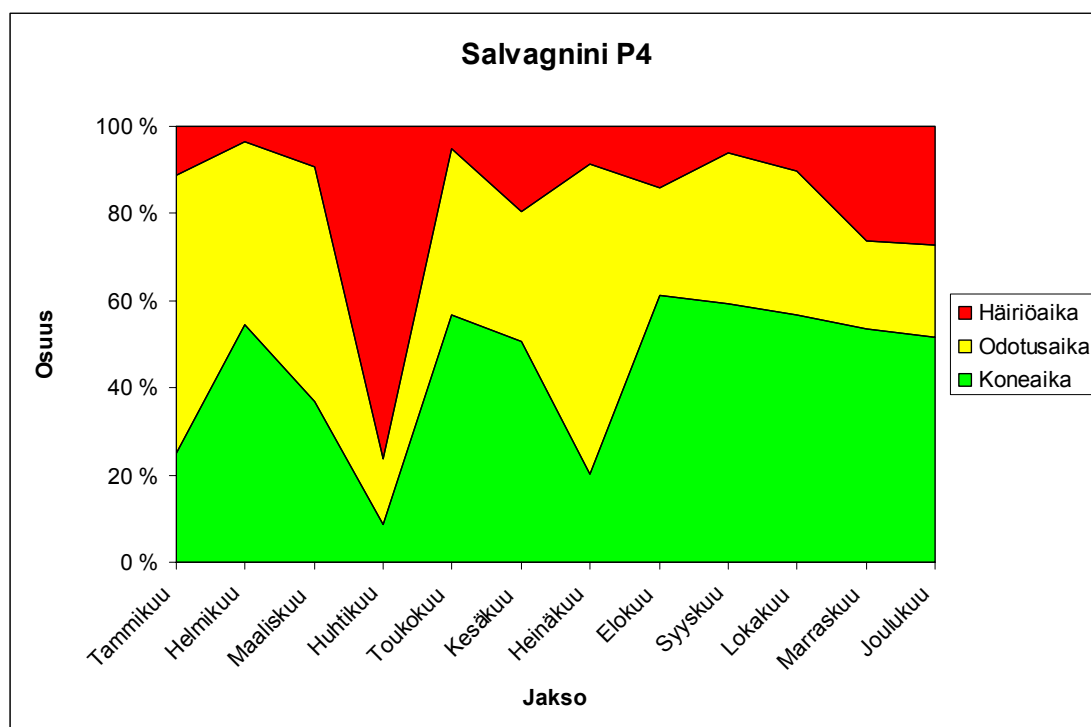
#### **5.4.6 Ajankäytön seurantatilastot**

Taulukko 3 kuvaa Salvagnini P4:n ajankäytön seurantatilastoja. Taulukko on surullista katseltavaa, sillä käytösuhde vaihtelee 9–61 %:n välillä. Koneella oli muita koneita enemmän huonoja jaksoja, ja koko vuoden käyttösuhteen keskiarvo oli vaivaiset 45 %. Tämä on nykyteollisuudessa huolestuttavan matala käytösuhde. Huhtikuussa kone ehti olla käytössä vain 24 tuntia. Koneiden siirtelyt katkoivat MachineTrackin tiedonsiirtoa huhti- ja kesäkuun aikana, joten käytösuhde oli todellisuudessa jopa tätäkin huonompi.

TAULUKKO 3. Salvagnini P4:n ajankäytön seurantatilastot

Jakso\Kone Salvagnini P4				
	Koneaika	Odotusaika	Häiriöaika	Käyttösuhde
Tammikuu	84,9	214,9	38,0	25 %
Helmikuu	206,8	159,1	13,4	55 %
Maaliskuu	127,0	186,3	32,3	37 %
Huhtikuu	24,0	41,8	209,9	9 %
Toukokuu	65,2	43,7	5,8	57 %
Kesäkuu	213,0	125,8	83,0	50 %
Heinäkuu	67,7	239,4	28,9	20 %
Elokuu	185,5	74,9	42,3	61 %
Syyskuu	237,8	137,4	24,7	59 %
Lokakuu	227,2	132,3	40,7	57 %
Marraskuu	263,9	99,4	129,1	54 %
Joulukuu	237,3	96,6	124,9	52 %
Koko vuosi	1940,3	1551,8	773,0	45 %
Q1	418,7	560,3	83,6	39 %
Q2	302,1	211,4	298,7	37 %
Q3	491,0	451,7	95,9	47 %
Q4	728,4	328,3	294,6	54 %
Q1+2	720,8	771,7	382,4	38 %
Q3+4	1219,5	780,0	390,6	51 %

Kuvio 16 kuvaa P4:n ajankäyttötilastoja vuonna 2010. Kuviosta voidaan helposti havaita koneen epävarmuus ja pitkät häiriöjaksot. Varsinkin vuoden alkupuolisko oli todella rikkonaista, eikä käyttösuhde noussut juuri yli 50 %:n. Odotusajan suhde koko työaikaan vaihteli noin 20–60 %:n välillä. Häiriöajan suhde työaikaan oli yleensä vain kymmenen prosentin luokkaa, mutta poikkeuksena oli huhtikuu, jolloin häiriöaikaa oli noin 75 % koko työajasta.



KUVIO 16. Salvagnini P4:n ajankäytön seurantakuvaaja

Vertaamalla kuvio 16:a levytyökeskusten seurantakuvaajiin (kuviot 14 ja 15) voidaan havaita konkreettisesti P4:n heikkous muihin koneisiin verrattuna. Toukokuu oli ainoa kuukausi, jolloin P4:n käyttösuhde oli korkeampi kuin muiden koneiden. Taivutusautomaatilla erän läpimenoaika on useasti lyhyempi ja eräkoot pienempiä kuin levytyökeskuksilla, mutta koska tässä solussa yhden taivutuskoneen tehtävänä on taivuttaa kahden levytyökeskuksen valmisteet, tulisi taivutusautomaatin käyttösuhteen olla poikkeuksetta korkeampi kuin levytyökeskuksilla pullonkaulan välttämiseksi.

#### 5.4.7 Koko levytyösolu

Levytyösolan koneiden yhdistetty käyttösuhde oli koko vuoden osalta 58 % (ks. taulukko 4). Häiriöihin kului koko vuonna yhteensä lähes 1 900 tuntia, joka on todella pitkä aika. Heikoin kuukausi oli heinäkuu. Parhaimmillaan yhdistetty käyttösuhde oli lokakuussa ylittäessään 73 %:n tasolle. Tavoitteena voisi olla, että käyttösuhde saataisiin 80 %:n tasolle.

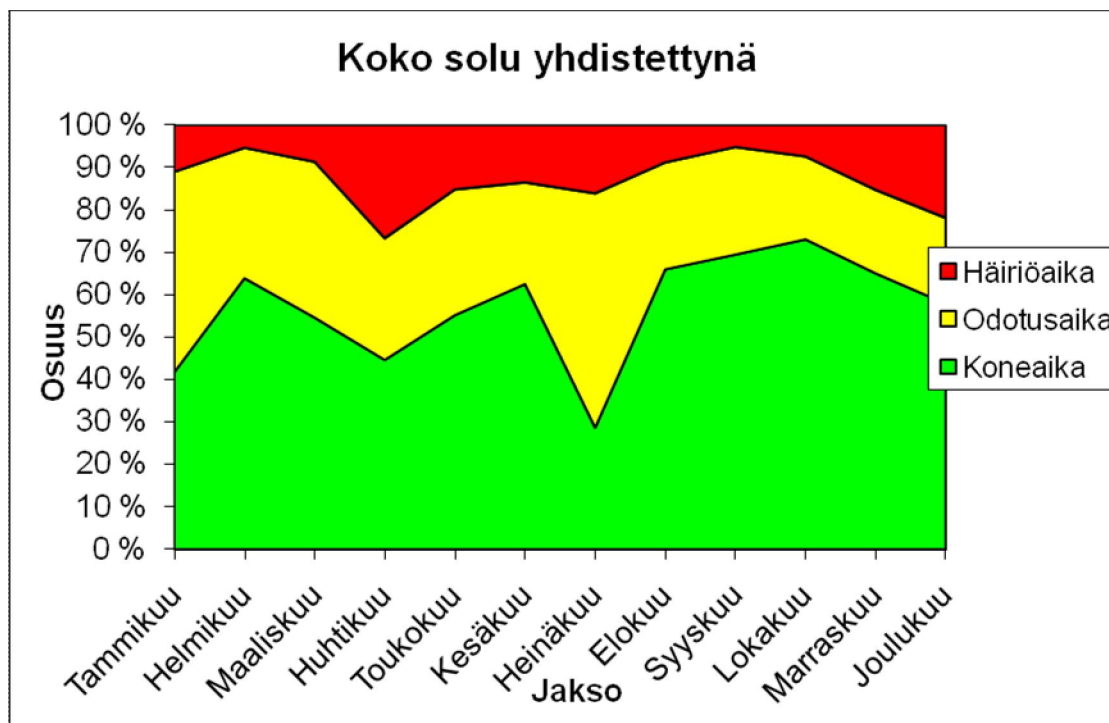
TAULUKKO 4. Levytyösolun yhdistetyt ajankäytön seurantatilastot

Jakso\Kone	Levytyösolu			
	Koneaika	Odotusaika	Häiriöaika	Käyttösuhde
Tammikuu	534,7	604,1	141,2	42 %
Helmikuu	812,7	391,2	67,9	64 %
Maaliskuu	707,5	475,4	112,3	55 %
Huhtikuu	462,7	296,5	277,1	45 %
Toukokuu	245,6	131,7	67,6	55 %
Kesäkuu	858,0	328,6	185,8	63 %
Heinäkuu	356,1	684,4	200,1	29 %
Elokuu	597,9	228,4	79,8	66 %
Syyskuu	939,7	343,1	70,0	69 %
Lokakuu	1121,4	300,0	113,7	73 %
Marraskuu	1045,2	315,5	246,1	65 %
Joulukuu	808,4	281,6	306,4	58 %
Koko vuosi	8489,8	4380,3	1867,9	58 %
Q1	2054,9	1470,6	321,4	53 %
Q2	1566,3	756,7	530,5	55 %
Q3	1893,6	1255,9	349,8	54 %
Q4	2975,0	897,1	666,2	66 %
Q1+2	3621,2	2227,3	851,9	54 %
Q3+4	4868,6	2153,0	1016,0	61 %

Kuviossa 17 näkyy hyvin kevään ja alkukesän vaikeudet, etenkin tammi-, huhti- ja heinäkuun osalta. Joulukuussa häiriötunteja oli kaikista eniten, 306,4 tuntia, mutta suuren koneaikamäärän takia käyttösuhde oli kuitenkin keskiarvon tasalla. Käyttösuhde oli lievässä nousussa läpi koko vuoden paria notkahdusta lukuun ottamatta. Odotusajan suhde työaikaan vähentyi selkeästi läpi koko vuoden. Häiriöaikojen vaihtelu oli sen sijaan suhteellisen tasaista. Loppusyksy sujui alkuvuoteen verrattuna



melko hyvin. Tämä nähdään hyvin myös taulukosta 4, jossa viimeisen kvartaalin käyttösuhde oli 66 %.



KUVIO 17. Koko levytyösolun yhdistetty ajankäytön seurantakuvaaja

Kuviosta 17 voidaan havaita myös yksittäisten konerikkojen vaikutukset koko solun yhdistettyyn käyttösuhteeseen. Huhtikuu oli kahdella muulla koneella keskiverto tai hieman sitä parempi kuukausi, mutta P4:llä tapahtunut kiilojen rikkoutuminen aiheutti koneella pitkän korjausjakson, joka näkyy myös tässä kuviossa korkeana häiriöajan osuutena. Odotusajan määrä oli todella merkittävä koko vuoden ajan. Odotusajan voidaan kuitenkin havaita vähenevän loppuvuotta kohden.

## 6 KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

### 6.1 Ennakoivan kunnossapidon toteuttaminen jatkossa

Edellä olevien tutkimustulosten perusteella pääsy koko solun matalaan käyttösuhteeseen vaikuttaisi olevan ennakoivan kunnossapidon puute. Huoltamattomat ja epäsiistit koneet ovat hyvin alttiita vikaantumisille (ks. luku 2.3). Levytyökeskuksilla jätteet ajautuvat koneiden liikkuvien osien väleihin ja aiheuttavat konerikkoja. Toistuvat öljyvuodot aiheuttavat hydraulikkaöljyjen leviämisen niille kuulumattomiin paikkoihin. Öljy saa levypalat tahmeiksi ja saa ne tarttumaan toisiinsa, mikä estää levyjen ja jätteiden käsittelyn virheetöntä toimintaa. Lisäksi öljy saa jätekuljettimella olevat levynpalat tarttumaan kuljettimeen, mikä johtaa jätteen leviämisen koneympäristöön.

Koneiden päivittäistarkastukset ja viikkohuollot tulisi ottaa uudelleen käyttöön. Kuten luvussa 2.3 todetaan, lisääisivät systemaattiset ja rutinoituneet päivittäishuollot koneiden käyttövarmuutta ja lähestyvien vikojen havainnointi helpottuisi. Vikojen aikaisempi havaitseminen lyhentäisi ja harventaisi korjaavan kunnossapidon määrää. Sovellettu malli koneiden käyttöohjeiden sisältämästä päivittäishuolto-ohjeesta olisi mielestäni oikea ratkaisu. Alkuperäiset päivittäishuolto-ohjeet ovat usein ylivarovaisia ja optimistisia ajan riittävyyden suhteen. Lyhyilläkin päivittäistarkastuksilla ja viikkosiivouksilla voidaan estää useiden tuntien mittaisia konerikkoja.

Jokaisen aamuvuoron alussa tulisi suorittaa noin viiden minuutin mittainen tarkistuskierros kullakin koneella. Tärkeimpiä tarkistuskohteita ovat mielestäni harjapöytien ja työkalujärjestelmien likaisuus, mahdolliset öljyvuodot, jotka voidaan helpoiten havaita öljylammikkoina lattialla, automaattivarastot, hydraulikkaöljysäiliöiden pinnan korkeudet ja hydraulikkajärjestelmien paineet sekä jätekuljettimet ja jätteiden keruunaunut.

Lyhyt viikkohuolto tulisi suorittaa jokaisen maanantain tai viikon ensimmäisen työpäivän alussa. Viikkohuoltorutiineihin tulisi sisällyttää ainakin koneen alustan siivoaminen, joka helpottaisi huomattavasti öljyvuotojen havainnointia. Lisäksi huoltoihin

voisi kuulua työkalujärjestelmien ja harjapöytien puhdistus, johteiden ja laakereiden voitelu ja hieman päivittäistarkistusta laajempi tarkkailukierros. Kierroksella tulisi tarkistaa sellaiset kohteet, jotka tunnetusti vikaantuvat herkästi, tai ovat kulutusosia, kuten esimerkiksi Finn-Powerin pinkkauslaitteen ketjut ja rullat.

Öljyvuodot ovat lisääntyneet koneiden siirron jälkeen. Tämä saattaa johtua koneiden virheellisestä asennuksesta. Jäykkiin öljyputkiin syntyy jännityksiä, kun vanhat putket on asennettu uudelleen siirron jälkeen. Pienetkin muutokset koneenosien, kuten liitinten, suhteellisessa sijainnissa aiheuttavat näitä jännityksiä. Nykyään hydraulikkaöljyletkut ovat hyvin kestäviä, ja sallivat jäykkiä metalliputkia paremmin koneen värähtelyjä, eivätkä tarkat asennukset ja taivutukset ole tarpeellisia. Putkien korvaaminen letkuilla saattaisi vähentää öljyvuotojen määrää, ja rikkoontuneiden putkien/letkujen vaihto olisi myös helpompaa. Etenkin sellaisten putkien, joissa öljyvuotoja ilmenee useammin, vaihtaminen letkuihin olisi kannattavaa kokeilla.

Yrityksessä edettiin viime kesänä merkittävä askel kohti parempaa toimintaa ottamalla kuukausihuollot käyttöön. Silti kuukausihuoltojen ajoittaminen alkuperäisen aikataulun mukaan vaikuttaa edelleen epäonnistuneelta. Useita viikkoja myöhästyvät kuukausihuollot saattavat johtaa odottamattomiin vikaantumisiin. Esimerkiksi tilanne, jossa huoltomies on arvioinut jonkin osan kestävän vielä seuraavaan kuukausihuoltoon saakka, johtaa vikaantumiseen, jos huollon toteutus poikkeaa suunnitellusta ajankohdasta useita viikkoja. Huollot tulisi siis jatkossa toteuttaa mahdollisimman tarkasti suunniteltuna ajankohtana.

## **6.2 Finn-Power SG:n käyttösuhteen parantaminen**

Tällä hetkellä Finn-Power vaikuttaisi tilastojen (ks. luku 5.4.4) mukaan olevan käyttövarmuudeltaan lähes kohtuullisella tasolla. Kone on kuitenkin käymässä hyvin vanhanaikaiseksi. Varaosien valmistus on suurelta osin lopetettu ja jotkut koneessa olevat osat ovat tällä hetkellä useaan kertaan kunnostettuja varaosia. Tällaisten kunnostettujen osien toimintavarmuus ei vastaa käyttämättömän varaosan toimintavarmuutta, ja tämä aiheuttanee jatkossa lisää konehäiriöitä.

Myös ohjelmistopuoli on Finn-Powerissa vanhentunutta. Ohjelmistojen päivityksiä ei ole ollut saatavilla enää pitkiin aikoihin ja mahdollisen ohjaustietokoneen hajoamisen jälkeen voi koneen toimintakuntoon saaminen olla mahdoton tehtävä. Lisäksi koneen tuotantonopeus on käymässä hitaaksi tuotannon tarpeiden ja kysynnän kasvaessa.

Tilaukseen vahvistuessa, mikä näyttää tällä hetkellä todennäköiseltä, tehokkaampi ja nopeampi kone olisi erittäin tarpeellinen. Kapasiteettitarpeen kasvaminen yhdistettynä todennäköiseen käyttösuhteen madaltumiseen merkitsee suuria menetettyjä tuloja. Yrityksen johdon tulisi tässä vaiheessa punnita hyvin tarkasti mahdollisuuksia uuden koneen hankintaan, tai ainakin suunnitella hankintaa alustavasti. Koneen takaisinmaksuaika saattaa laskelmissa näyttää pitkältä, mutta jos ajaututaan pahimpaan mahdolliseen tilanteeseen, jossa Finn-Power lyö viimeisen työstöliikkeensä ja uuden koneen hankinta on pakko tehdä välittömästi, tulee hankinta merkittävästi kalliimmaksi. Toiminta Trestonin alaisuudessa lisää myös tilaukseen hyvin todennäköisesti.

Jos Finn-Power aiotaan säilyttää, on sen kunnon tarkkailuun kiinnitettävä erityistä huomiota. Erityisesti pinkkauslaitteen rullien kuntoa tulee valvoa säännöllisesti, sillä vääntyneen rullan vaihtoon kuluu paljon vähemmän aikaa kuin siitä aiheutuvien komplikaatioiden korjaamiseen. Harvinaisempia varaosia tulee hamstrata aina tilaisuuden tullen ja rikkoontuneet osat tulee kunnostaa ensi tilassa. Lisäksi koneen kuu-kausihuollot tulee jatkossa tehdä aikaisempaa laajemmin ja tiheämmin.

### **6.3 Salvagnini P4:n käyttösuhteen parantaminen**

Layout-muutokseen liittyvän siirron jälkeen etenkin P4:n käyttösuhte heikentyi merkittävästi. Useat häiriöiden aiheuttajat vaikuttavat ainakin välillisesti johtuvan huolimattomasta siirrosta. Esimerkiksi rotaattorin rungon virheellinen asennus on johtanut tilanteeseen, jossa ohjelmoija joutuu jokaisessa työssään kompensoimaan rungon kulmavirheen estääkseen rotaattorin varren katkeamisen levyn törmätessä koneen osiin.

Edellä mainittu vika on ilmeisesti hyväksytty Sovellalla, sillä korjaavaa asennusta ei haastattelujen mukaan ole suunniteltu toteutettavaksi. Tämä on mielestäni riskialtis toimintatapa, sillä esimerkiksi odottamaton ohjelmoijan vaihtuminen saattaa johtaa tilanteeseen, jossa uusi ohjelmoija tekee epätietoisuudessaan ohjelmat ilman näitä korjaavia muutoksia, ja tällöin edessä on pitkä ja raskas oppiminen yrityksen ja erehdyksen kautta. Jos layout-muutoksen toteuttaneen yrityksen kanssa päästäisiin sopuun korjaavan asennuksen hinnasta, olisi se jatkon kannalta todennäköisesti suositeltavaa kaikkien taivutusohjelmien mittavasta päivityksestä huolimatta. Toisaalta kunkin koneen valmistajalta tilattu korjaus saattaisi olla varmempi menetelmä koneiden kuntoon saattamiseksi.

Viivaimen johteiden rasvaus tulisi teettää koneen käyttäjillä säännöllisesti, esimerkiksi parin viikon välein. Viivaimen riittämätön työntöliike ei välttämättä johdu aina heikosta moottorista tai rasvaamattomista johteista. Kalliokoski (2011) toteaa vian olevan mahdollisesti viivaimen logiikassa. Kunnossapito ei pysty muokkaamaan Kalliokosken mukaan kaikkia logiikan käskyrivejä, vaan osa juuri viivaimen liikenopeutta ja -voimaa säätelevistä käskyriveistä on piilotettu. Vian korjaamiseksi pitäisi paikalle kutsua Salvagninin oma huoltomies, joka pystyisi vaikuttamaan näihin piilotettuihin käskyihin, ja saisi viivaimen toimimaan paremmin. Tällöin myös johteiden rasvaamistarve saattaisi vähentyä. Hanhisen (2011) mukaan viivain ei ole enää viime aikoina aiheuttanut häiriöitä P4:n toiminnassa, joten viivaimesta aiheutuvat häiriöt saattavat olla jo historiaa.

SQ-tunnistimien korvaamismahdollisuutta kestävämmillä ja luotettavammilla komponenteilla tulisi tutkia. Tunnistimien kuntoa ja kiinnitystä tulisi tarkkailla esimerkiksi viikkohuoltojen yhteydessä, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä huoltokatkoksilta. Jos tunnistimien käyttöikä mitataan kuukausissa vuosien sijaan, on syytä tutkia, voitaisiinko tilalle löytää luotettavampi vaihtoehto.

Panostajan imukuppien rikkoontuminen on estettävissä kokeilemalla ja kirjaamalla ylös sellaiset aihiokohtaiset imukuppien paikoitusasetukset, joilla levyaihiot eivät kolhi käyttämättömiä imukuppeja. Vakioasetuksilla käyttäjän vaikutusmahdollisuudet häiriöiden syntymiseen madaltuvat. Imukuppien (myös purkupään robotin) varsien

taipuminen voitaisiin estää vaihtamalla joko imukuppimallia pidemmäksi, eli imukuppeissa voisi olla enemmän haitarimaisuutta ja joustovaraa, tai vaihtamalla varret lujuusominaisuuksiltaan kestävämpiin. Hanhisen (2011) mukaan panostaja toimii nykyään suurella varmuudella, eli ongelma vaikuttaa olevan jo melko hyvin hallinnassa.

## **6.4 Salvagnini S4:n käyttösuhteen parantaminen**

Ajankäytön seurantatilastojen perusteella S4:n käyttösuhde on koneista parhaalla tasolla, ja koko vuoden käyttösuhde, 69 %, on kuluneen vuoden muutokset ja epävarmuudet huomioiden suhteellisen korkea. Erilaisten häiriöiden lukumäärä oli kuitenkin melko suuri, kuten esimerkiksi liitteestä 2 voidaan havaita. Yleisimpien häiriöiden toistuvuus oli myös hyvin korkea.

Koneen yleisimmän häiriön aiheuttajan, eli kappaleen jumittumisen harjapöydälle, esiintymistiheys tulee jatkossa harvenemaan, sillä Kalliokosken (2011) mukaan harjojen kunnon tarkkailuun on kiinnitetty viime aikoina erityisen paljon huomiota kuu-kausihuolloissa. Kun kaikkein useimmin toistuva häiriötyyppi saadaan poistettua, nousee koneen käyttösuhde jo pelkästään tällä parannuksella mielestäni korkeammalle, arviolta noin 75–80 %:n tasolle.

Jatkossa onkin kiinnitettävä entistä enemmän huomiota myös koneen tuottavuuden lisäämiseen käyttösuhteen parantamisen ohella. Tuottavuuden lisäämiseen on Koukkarin (1984, 32) mukaan hyviä keinoja esimerkiksi työstövaiheen nopeuttaminen esimerkiksi koneen paikoitus- ja iskunopeuksia tehostamalla, asetusten minimoiminen kuormittamalla samankaltaisia töitä peräkkäin sekä koneen käyttäminen normaalin työajan ulkopuolella. Etenkin viimeiseksi mainittu keino on jo käytössä Sovellalla, mutta häiriöt ovat aiheuttaneet automaattisten jaksojen pysymisen melko lyhyinä yö- ja viikonloppuaikoina.

Yhteenvetona koneen kaikkiin merkittävimpiin häiriönaiheuttajiin on jo kiinnitetty huomioita, ja käyttösuhde tulee jatkossa olemaan merkittävästi parempi varsinkin solun muihin koneisiin verrattaessa.

## 6.5 Yleisiä parannuskohteita

Kaikille koneille tulisi koota tai hankkia kaikki koneiden päivittäiseen käyttöön, päivittäishuoltoon ja toiminnan ylläpitoon tarvittavat työkalut. Ne tulisi merkitä esimerkiksi spraymaalilla kullekin koneelle kuuluviksi. Työkalut tulisi aina käytön ulkopuolella säilyttää vakiopaikoilla, mikä helpottaisi niiden löytymistä tarpeen tullen. Tällä menettelyllä minimoitaisiin käyttäjien työkalujen etsimiseen kuluttama aika.

Sovellan asiakasräätälöidyt tuotteet aiheuttavat merkittäviä vaikeuksia tuotannossa ja etenkin sen kuormittamisessa. Normaalista tuotekannasta poikkeavat tuotteet sekoittavat kuormitussuunnitelmat täysin, koska niiden valmistamiseen kuluva aika on todella vaikea arvioida etukäteen. Opinnäytetyön alussa kuormituksessa käytettiin viiden prosentin osuutta kaikista töistä, mutta todellisuudessa tuotteet kuormittivat solua huomattavasti enemmän. Asiakasräätälöityjen tuotteiden laskennallista osuutta kuormituksessa tulisi nostaa, jotta välttyttäisiin normaalin tuotannon viivästyksistä laskentamallien virheiden takia.

Kaikkien koneiden asetusajoja voitaisiin lyhentää opastamalla työntekijöille, miten asetukset tulisi tehdä, jotta koneiden odotusajat pysyisivät mahdollisimman lyhyinä. Tätä on haastattelujen mukaan jo yritetty, mutta työntekijät ovat vaikuttaneet innottomilta. Asetusten nopeaan tekoon pitäisi valita sopiva kannuste tai muu motivaation lähde, jotta asetusajojen lyhentäminen ei tuntuisi työntekijöistä pelkästään kiireisemmältä työtahdilta.

Tuotannon viivästysten vähentyessä tuotannon ja pidemmän aikavälin kuormitusten suunnitteluun tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Opinnäytetyön aikana kuormitusta ei tehty etukäteen lainkaan, vaan hienokuormitus tehtiin kullakin koneella vapautettujen töiden listasta lähinnä sillä periaatteella, että seuraavaksi tehdään sellainen työ, joka on eniten myöhässä. Tarkemmin suunnitellulla kuormittamisella käytösuhdetta saadaan korotettua asetusajoja vähentämällä, eli kuormittamalla samankaltaisia töitä peräkkäin. Pitkät ja toimintavarmat työt tulisi ajoittaa levytyökeskuksilla tavallisen työajan ulkopuolelle, eli öille ja viikonlopuille. Näin saadaan tuotteiden kustannuksia madallettua.

Häiriötilanteiden tehokkaampi dokumentointi helpottaisi huomattavasti vikojen juurisyyn selvittämistä. Jos Arrow MachineTrack -ohjelmassa olisi jokaisen häiriön kohdalla kuvaus häiriön syystä, voitaisiin havaita helpommin usein toistuvat häiriöt. Tämän voisi toteuttaa esimerkiksi lisäämällä MachineTrack-ohjelmaan tarkentavia häiriötyyppejä nykyisen konehäiriön lisäksi ja häiriötyypit tulisi valita useimmin toistuvista häiriöistä. Koneiden käyttäjien ei tarvitsisi välttämättä aina kirjoittaa häiriön kuvausta, jos häiriön aiheuttajan valinta olisi monipuolisempaa. Häiriöiden kommentointia kirjoittamalla tulisi kuitenkin tehdä edelleen tilanteen vaatiessa.

Tuotesuunnittelijoiden osaamista valmistettavuuden osalta tulisi kohottaa. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi järjestämällä suunnittelijoille jatkokoulutustilaisuus tai hankkimalla suunnittelijoiden saataville alan kirjallisuutta. Osaamisen kohottaminen vähentäisi ylimääräistä piirustusten lähettämistä ohjelmoijalta takaisin suunnittelijoille korjattavaksi, eli vähentäisi turhan työn määrää.

## **6.6 Jatkotoimenpideohjeita käytettävyyden ylläpitämiseksi**

Edellisissä luvuissa (ks. luvut 6.1–6.5) mainituin toimenpitein levytyösolun käyttösuhde saadaan korotettua paremmalle tasolle. Käyttösuhde ei kuitenkaan pysy korkeana itsestään, ja ilman jatkuvaa kehittymistä yrityksessä joudutaan lähivuosina perehtymään uudelleen syvällisesti madaltuneen käyttösuhteen syihin ja seurauksiin. Yrityksen johdon tulisikin jatkuvasti kiinnittää erityistä huomiota toistuviin häiriöihin nykyistä syvällisemmin, eikä vain tyytyä korjaamaan vika mahdollisimman nopeasti.

Koneiden huoltorutiinit tulisi pitää jatkuvasti ajan tasalla ja päivittää säännöllisesti. Jos esimerkiksi koneiden automaatioastetta nostetaan, tulisi huolto suunnitella uudelleen mieluiten jo hankintaprosessin aikana, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä seisokeilta (ks. luku 2.3). Miehittämättömien jaksojen pidentyessä koneen häiriöttömän toiminnan merkitys korostuu. Lisäksi katkeamattomien tuotantolinjojen pidentyessä vikaantuvien osien määrä ketjussa kasvaa jokaisella uudistuksella, jolloin koko ketjun huoltojen ja valvonnan tarve kasvaa. Automaatiotason nosto on kuitenkin erittäin



hyvä vaihtoehto solun tuottavuuden lisäämiseksi ja inhimillisten virheiden määrän ja merkityksen vähentämiseksi.

Pitkiin häiriöjaksoihin tulisi varautua nykyistä paremmin selvittämällä tuotannon varmistamismahdollisuutta alihankinnalla. Esimerkiksi laatikostoja teetetään nykyään alihankinnassa, mutta laajempia teettämismahdollisuuksia tulisi selvittää. Näin välttäisiin asiakassuhteita heikentäviltä suurilta myöhästymisiltä koneiden toiminnan häiriintyessä.

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Levytyösolun käytettävyyden analysointi ja parantaminen piti sisällään tutkimustulokset solun toiminnasta analyyseineen, toimenpideohjeet käyttösuhteen ja yleisen toiminnan parantamiseksi sekä ohjeita käytettävyyden ylläpitämiseksi jatkossa. Tutkimustulokset kerättiin haastatteleamalla Sovellan henkilöstöä sekä tutkimalla levytyösolun vikahistoriaa ja ajankäyttöä. Opinnäytetyö saatiin toteutettua sovitussa ja suunnitellussa aikataulussa. Toimeksiantaja oli todella tyytyväinen löytämiini tuloksiin ja ratkaisuihin, jotka esittelin osalle Sovellan henkilöstöä viikolla yhdeksän keväällä 2011.

Sovellan levytyösolun käytösuhde oli 58 % vuonna 2010, mikä on viisi prosenttiyksikköä parempi kuin Koukkarin (1984, 6) tutkimuksen keskiarvo. Huonoimmillaan Sovellan solun kuukauden keskimääräinen käytösuhde oli 29 % ja parhaimmillaan 73 %. Sovellan kahden levytyökeskuksen yhdistetty keskimääräinen käytösuhde oli 63 %, joka on jo kymmenen prosenttiyksikköä Koukkarin tutkimuksen tulosta parempi.

Rissasen (1990) insinöörityössä levytyölinjan käytösuhde saatiin nostettua 45 %:sta 70 %:n tasolle. Tähän työhön verrattuna Rissasen työssä oli lähes kaksi kertaa pidempi toteutusjakso, ja työn aikana ehdittiin toteuttaa ehdotetut muutokset solun toiminnassa. Tässä työssä toimeksiantaja ei halunnut muuta kuin ohjeet käyttösuhteen parantamiseksi, joten käyttösuhteen paranemisen vertailu on mielestäni tar-

peetonta. Mainittakoon silti, että levytyösolun käyttösuhde oli työn alussa 58 % ja työn lopussa, noin kaksi viikkoa tulosten esittelyn jälkeen, se oli noin 70 %.

Rissasen työssä kehitettiin organisaation tiedonkulkua, tuotannon ohjattavuutta, tuotantomenetelmistä muun muassa töiden kuormitusta, töiden esivalmisteluita, varastointia ja huoltoja, työntekijöiden osaamista sekä linjan korjausperiaatteita. Kehitettävät osa-alueet vastaavat tähän työhön verrattaessa toisiaan lähinnä huoltojen, tiedonkulun ja töiden esivalmisteluiden osalta. Osa-alueet poikkesivat melko paljon toisistaan. Tämä on mielestäni hyvä asia, sillä yritys ei ole sortunut palaamaan samoihin virheellisiin toimintatapoihin, joita käytettiin edellisen tutkimuksen alussa. Voidaan myös todeta opinnäytetyön teon olleen tarpeellista vanhoista tutkimuksista huolimatta.

Koukkarin (1984, 32) mukaan 50–70 %:n käyttösuhde on levytyökeskuksilla kohtuullinen, kun yhden erän läpimenoaika on alle 60 minuuttia. Jos läpimenoaika on suurempi, on 70–90 %:n käyttösuhde on kohtuullinen. Nykyaikana erien läpimenoajat ovat todella harvoin yli tunnin pituisia yhdellä koneella. Yleensä yhden erän läpimenoaika on muutamista minuuteista muutama kymmeniin minuutteihin. Mielestäni kohtuullisena voidaan pitää 65–75 %:n ja hyvänä noin 80 %:n käyttösuhdetta. Sovellan levytyösolun käyttösuhde alkaa siis mielestäni olla lähes hyvällä tasolla. Hanhisen (2011) mukaan tavoiteltava taso olisi lähempänä 90 %:a, mutta se on mielestäni lähes tavoittamattomissa, jos huomioidaan muun muassa pienten eräkokojen aiheuttama korkea asetusten lukumäärä, riittävät kuukausi- ja viikkohuollot ja koneiden iän madaltama toimintavarmuus.

Työn ajankohta vaikutti työn luotettavuuteen heikentävästi. Sovellalla oli tehty tarkkailujakson sisällä useita muutoksia, jotka vaikuttivat muun muassa koneiden ja työntekijöiden toimintaan, tiedonkeruuseen, miehittämättömien jaksojen pituuteen, viikaantuvien osien määrään, kuormituksissa käytettävien laskentamallien tuntimääriin ja moniin muihin seikkoihin. Nämä muutokset vääristävät tutkimustuloksia, jotka eivät välttämättä ole suoraan vertailukelpoisia muihin tutkimuksiin. Mielestäni tutkimus olisi kannattanut suorittaa esimerkiksi puolta vuotta myöhemmin, jolloin koneiden rakenne olisi ollut muuttumaton vuoden pituisen tarkkailujakson aikana. Täl-

löin tutkimustulokset olisivat paremmin hyödynnettävissä muissa tutkimuksissa tilanteen vastatessa normaalia levytyösolun toimintaa. Toinen vaihtoehto olisi ollut toteuttaa työ hieman aikaisemmin, jolloin esimerkiksi muutosasennusten korjaukset olisi ollut helpompaa tehdä.

Ajankäytön seurantaohjelman epävarmuuden takia koneiden ajankäytöstä olisi voinut saada tarkempia ja luotettavampia tuloksia tarkkailemalla enemmän koneen käyttäjien toimintaa etenkin asetusten teossa ja häiriötilanteiden ilmetessä. Ajankäytön seurantamenetelmistä (ks. luku 2.1) työntutkimustekniikoita olisi pitänyt siis hyödyntää enemmän. Omat havaintoni asetusten teosta olivat kuitenkin melko positiivisia, eli käyttäjät vaikuttivat suoriutuvan asetusten teosta melko nopeasti ja turhia toimenpiteitä välttäen. Häiriötilanteissa käyttäjät vaikuttivat hieman turhautuneilta, eikä luottamus kunnossapidon toimintaan ollut aina kovin korkealla.

Jos opinnäytetyön toteuttamiselle olisi annettu enemmän aikaa, olisi tutkimustuloksista tehtyjä johtopäätöksiä ehditty soveltaa käytäntöön jo opinnäytetyöprosessin aikana. Tällöin raportista kävisivät ilmi parannusehdotuksista aiheutuneet muutokset käyttösuhteessa ja parannusehdotusten onnistuneisuutta olisi helpompaa arvioida. Nykyisellään opinnäytetyön tuloksia voidaan kuitenkin mielestäni hyödyntää myös muissa vastaavissa kehitystoissa niiltä osin kun johtopäätökset ovat yleisesti tunnettuja toiminnan kehittämistapoja.

Mielestäni suoriuduin tehtävästä hyvin. Löysin yrityksen ja solun toiminnasta useita eri kehittämisen kohteita ja esitin toimintaehdotuksia näiden ongelmien korjaamiseksi. Levytyösolun käyttösuhde voidaan saada suurella todennäköisyydellä paremmalle tasolle esittämiäni kehitysideoita toteuttamalla. Pystyin kehittämään myös omaa ammatillista osaamistani työn ohessa todella merkittävästi, ja olen tyytyväinen valitsemini tutkimusmenetelmiin.

## LÄHTEET

Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY Konepajan tuotantotekniikka.

Hanhinen, J. 2011. Tuotantopäällikkö, Sovella Oy. Haastattelut 4.1.2011.

Kalliokoski, J. 2011. Työnjohtaja, WeMaint Oy. Haastattelut 24.1.2011.

Kolehmainen, P. 2011. Logistiikkapäällikkö, Sovella Oy. Haastattelut 4.1.2011.

Koukkari, H. 1984. NC-levytyökoneiden käyttösuhteen parantaminen. Tekninen tiedotus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Kuivalainen, J. 2011. Ohjelmoija, Sovella Oy. Haastattelut 4.1.2011.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Layout-piirros. n.d. Piirustus Sovellan tuotantotilan layoutista. Moniste. Sovella Oy.

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Tekninen tiedotus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Punching through complacency to win a bid. 2007. Artikkelit The Fabricator -lehden Internet-sivustolla. Viitattu 1.4.2011.

<http://www.thefabricator.com/article/punching/punching-through-complacency-to-win-a-bid>

Reliability and Availability Basics. n.d. EventHelix-sivuston selvitys termeistä luotettavuus ja käytettävyys. EventHelix.com. Viitattu 22.3.2011.

[http://www.eventhelix.com/RealtimeMantra/FaultHandling/reliability\\_availability\\_basics.htm](http://www.eventhelix.com/RealtimeMantra/FaultHandling/reliability_availability_basics.htm)

Rissanen, P. 1990. CNC-lävistys-taivutuslinjan käyttöasteen kohottaminen. Insinööri-tö. Kone- ja metallitekniikka. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Salvagnini P4X. n.d. Taivutusautomaattien esite Salvagninin verkkosivuilla. Viitattu 14.2.2011. <http://www.salvagnini.com/salvagnini.php?s=300>

Shear Genius SG. n.d. Levytyökeskuksen esite Finn-Powerin verkkosivuilla. Viitattu 14.2.2011. [http://www.finn-power.com/suomi/koneet.asp?GetLinks=MTP\\_S\\_SG](http://www.finn-power.com/suomi/koneet.asp?GetLinks=MTP_S_SG)

Sovella Yritysesittely. 2010. Powerpoint -esitys. Sovella Oy.

Töyrä, I. 1988. Levytyökeskuksen rakenne, käyttö ja ohjelmointi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

# LIITTEET

## Liite 1. MachineTrack -tilastot, Salvagnini S4

Salvagnini S4 Levytyökeskus	
Häiriön kuvaus	LKM
Viivain ei tavoita levyntunnistimia lastauksessa	päivittäin
Kpl jumissa harjapöydällä	21
Työkaluvika(esimerkiksi ei lukkiudu)	11
Levy rutussa	6
Sivuttaissiirtäjän sulakeruuvi poikki	5
Jätekuljetin	4
Leikkuri irti	4
Öljyvuoto	4
Automaattivarastohäiriö(asennuksen jälkeen)	4
Jäte/lika aiheuttanut häiriön	3
SQ-tunnistimet	3
Käynnistymisongelma	2
Sivuttaissiirtäjä	2
Pinkkarin toimintahäiriö	2
Harjapöydän asema virheellinen	2
Harjapöydän ketju poikki	2
Imukupit eivät tartu	2
Levypöytä ei liiku	1
Tietokonehäiriö	1
Jäähdytyshäiriö(pumput)	1
1A1SP223	1
Välipöytä irronnut	1
Kaksoislevyn tunnistin	1
Painajat eivät palaudu	1
Paineakku	1
Sähkövika(sähkökatko)	1
Automaattivarastossa väärää levykokoa	1
Energiakisko	1
Lastauspöytä	1
Summa:	89

Tarkkailujakso:1.1.2010 - 12.1.2011

## Liite 2. MachineTrack -tilastot, Salvagnini P4

Salvagnini P4 Taivutusautomaatti	
Häiriön kuvaus	LKM
Manipulaattori/rotaattori	13
Öljyvuoto	6
SQ tunnistimet	6
Panostajan imukupit	6
Sähkövika	4
Kiilat	4
Tietokone-/tietoliikennehäiriö	3
Kuljetin rikki(axis)	3
Robotin häiriö	3
Viivain	3
Käynnistymisongelma	2
Robotin imukupit vääntyneet	2
Puskimen häiriö	2
Pöytä noussut	2
3A1SP2 ylävasteen korjaus	1
Valoverho	1
Aihio ei tavoita rotaattoria	1
Kaksoislevyntunnistimen paineilmaliitin	1
Vajaa taivutus	1
Magneetit eivät päästä irti	1
Lastauspöytä ei nouse	1
XZ-vaste	1
Purkausrullien hihna	1
Summa:	68

Tarkkailujakso:1.1.2010-12.1.2011

### Liite 3. MachineTrack -tilastot, Finn-Power SG

Finn-Power SG Levytyökeskus	
Häiriön kuvaus	LKM
Pinkkari	11
Index-työkaluasema	6
Ohjelmavirhe	5
Jätekuljetin jumiutunut	3
Öljyvuoto	2
Levy irronnut kynsistä	2
Levypöytä ei liiku	2
Automaattivarasto	2
Levy rutussa	2
Pysäyttimen ketjuvaurio	2
Levy ei seuraa	1
5. luukun matto	1
Harjat kuluneet ->naarmuja levyihin	1
1680 ajavan akselin säätäjän lukitus	1
Purkurullat löysällä	1
Paineakku	1
Paineilmakytkimen toimintahäiriö	1
Valoverho	1
Sähkövika(sähkökatko)	1
Öljyn lämpötila	1
Summa:	47

Tarkkailujakso:1.1.2010-12.1.2011

#### Liite 4. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Salvagnini S4

Salvagnini S4		
Vian kuvaus/kohde	Lkm	Toimenpiteet
Harjapöytä	6	Harjojen vaihto, muovinauhan asennus pöydän alle, levynohjaimen uudelleenkiinnitys, tunnistimen ruuvien vaihto katkenneiden tilalle, harjapöydän nosto, deviaattorin korkeussäätö
Leikkuri	3	Vaihdettu männänvarsi ja sylinteri, lukitus pettänyt männänvarresta->valunut 5mm, mikrokytkimen vaihto, leikkurin teroitus
Sulakeruuvit	3	Vaihto
Ketjut	2	Ketjunkiristimen pultit vaihdettu, ketju vaihdettu
Lastauspöytä	2	Ketjun uudelleenlinjaus, mikrojen vaihto, runkopalkin oikaisu
Klämppi	2	Vaihto öljyvuodon takia
Naarmuuntuminen	2	Tiukempi uretaani levynpainajaan X2
Jätekuljetin	2	Korjaus, katkennut akseli vaihtoon
Kierteytys	1	Tunnistimen kohdistus
SP54	1	Korjaus
Levynohjain	1	Katkenneet ruuvit vaihdettu
Kääntäjä	1	Korjaus
SQ155 sylinteri	1	Katkenneet pultit vaihdettu

Tarkkailujakso 22.12.2009 - 14.1.2011



**Liite 5. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Salvagnini P4**

<b>Salvagnini P4</b>		
Vian kuvaus/kohde	Lkm	Toimenpiteet
Viivain	3	Rasvaus, taajuusmuuntajan vaihto, kiihtyvyyttä lisätty, kooderi vaihdettu
Työkalut	3	Väistöloven koneistus, työkalun vaihto
Robotin imukupit	2	Oikaisu
SQ-tunnistimet	2	Tunnistinten vaihto, kaapelin vaihto, herkistys, kohdistus
Syöttöpihti	2	Jousien vaihto, tunnistimen kohdistus
Kiilat	2	Vaihdettu öljyn kovettamat johdot, virtaresetointi
Vasteet	2	Säädetty taso, painekeytkimen alhaisen paineen takia vaihdettu johto
Öljypumppu jäänyt päälle yöksi	1	Maadoitus
Kuljetinhihna poikki	1	Liimaus
Kääntäjä	1	
Lastaajan imukupit	1	Säätö, letkun paikkaus
Robotin akselit	1	Säätö
Kotelotukien ohjain	1	Vaihto
Lastauspöytä	1	Valokennon säätö
Vajaa taivutus	1	Venttiilijohtojen vaihto
Kaksoislevyntunnistin	1	Vaihto
Kelkka	1	Vaihdettu kursorin ruuvi ja kuulamutteri, laakeri ja tiivisteet
Puskin	1	Origä -sylinteri, uudet tiivisteet
Öljyvuoto	1	Tiivisteiden vaihto
Hämärit terät	1	Tilattu led-valaisimet
Terien paikoitus	1	Venttiilin ohjauksen johdon vaihto
Käynnistymisongelma	1	Teränpitimen stop dawn kiinnitys kooderin hammastankoakselille uusi ruuviosa

Tarkkailujakso 22.12.2009 - 14.1.2011

**Liite 6. Kunnossapidon vikailmoitusohjelman tilastot, Finn-Power SG**

<b>Finn-Power</b>		
Vian kuvaus/kohde	Lkm	Toimenpiteet
Pinkkari	7	Putket vaihdettu, runkoraudat ja pellit oikaistu, levynpysäyttimen herkistys, hammashihnan vaihto, akseleiden asemointi, ohjelmavirheen korjaus, kiskot ja kooderihjain eri linjassa, matto vaihdettu
Ketjurikko	5(3pink+2kulj)	Katkennut ketju vaihdettu tai jatkettu uudella lukolla
Leikkurin pöytä	3	Irronnut kaasujousi kiinnitetty, harjapöytä vaihdettu, matto vaihdettu
Index-työkaluaseman lukitus	3	Säätö, parametrin säätö, kierteiden uusiminen
Levyvarasto	2	Katkenneet pultit vaihdettu, levyntunnistimen palautusjousi vaihdettu
Venttiili	1	Vaihto
Levynpitimet	1	Löystyneet pitimet kiristetty
RS-suoja	1	Säätö
Rullakuljetin	1	Säätö
Öljyvuoto	1	Suodatinelementin o-renkaan vaihto

Tarkkailujakso 22.12.2009 - 14.1.2011